

## Minéralogie des filons quartzeux cuivre-plomb de Chanly (Wellin, Province de Luxembourg, Belgique)

Manuscrit reçu le 29 juin 2019 et accepté le 9 août 2019

Michel BLONDIEAU<sup>1</sup>, Stéphane PUCCIO<sup>2</sup>, Frédéric HATERT<sup>3</sup> et Yannick BRUNI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Val des Cloches 131, B-6927 Tellin, Belgique

<sup>2</sup> Rue des Fontaines 156, B-4041 Vottem, Belgique

<sup>3</sup> Université de Liège, Laboratoire de Minéralogie B18, B-4000 Liège, Belgique

### Résumé

La région de Chanly (Province de Luxembourg, Belgique) compte de nombreux indices minéralisés avec chalcoppyrite et galène dans des veines de quartz logées dans des encaissements du dévonien inférieur. À côté des espèces classiques de ces filons métalliques Cu-Pb, on trouve également quelques espèces plus rares telles que la beaverite-(Cu) et la scotlandite notamment. Dans un contexte chimique assez simple (pas de phosphore, pas d'arsenic), les espèces formées aux dépens des sulfures sont des oxydes, hydroxydes, carbonates et sulfates.

**Mots clés** : Minéralogie, mine de cuivre, Chanly, scotlandite, beaverite-(Cu)

### Abstract

In the Chanly region (Luxembourg Province, Belgium), several chalcoppyrite and galena-bearing quartz veins occur, cross-cutting lower Devonian schists. Besides the classical species found in such Cu-Pb mineralizations, a few rare species were observed, as for example beaverite-(Cu) and scotlandite. In this simple geochemical context, characterized by the absence of phosphorous and arsenic, secondary mineral species are mainly oxides, hydroxides, carbonates and sulfates.

**Keywords** : Mineralogy, copper deposit, Chanly, scotlandite, beaverite-(Cu)

## 1. Introduction

Chanly est un village de l'entité de Wellin, une petite ville située dans la partie ouest de la province de Luxembourg, Belgique (Figure 1). Le minerai de cuivre est connu dans cette région depuis fort longtemps. Ainsi, Van de Roy (1985) rapporte que déjà en 1762, un prospecteur du nom de Moors, envoyé en Ardenne par Charles de Lorraine, avait signalé l'existence d'une mine à Chanly : « ...*Mine de cuivre mêlée de plomb, située en village de Chanlis...* ». Dans son ouvrage, Van de Roy (1985) signale avoir repéré dans cette région pas moins de 15 filons ou endroits minéralisés; il fournit des copies de quelques archives personnelles et fait état des travaux réalisés au 19<sup>e</sup> siècle. Tout d'abord, avant 1830, sous la domination hollandaise, la « *Société du Luxembourg* » réalise des travaux assez considérables pour le cuivre et le plomb dans cette localité et aux alentours mais finalement les abandonne sans former de demande en concession.

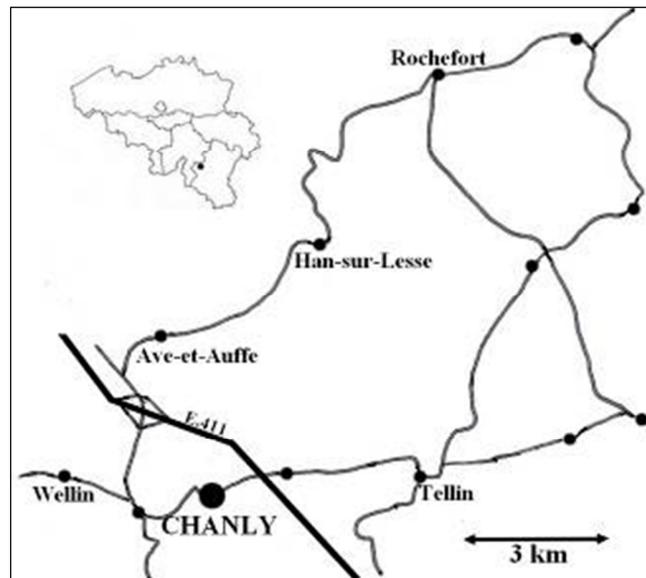


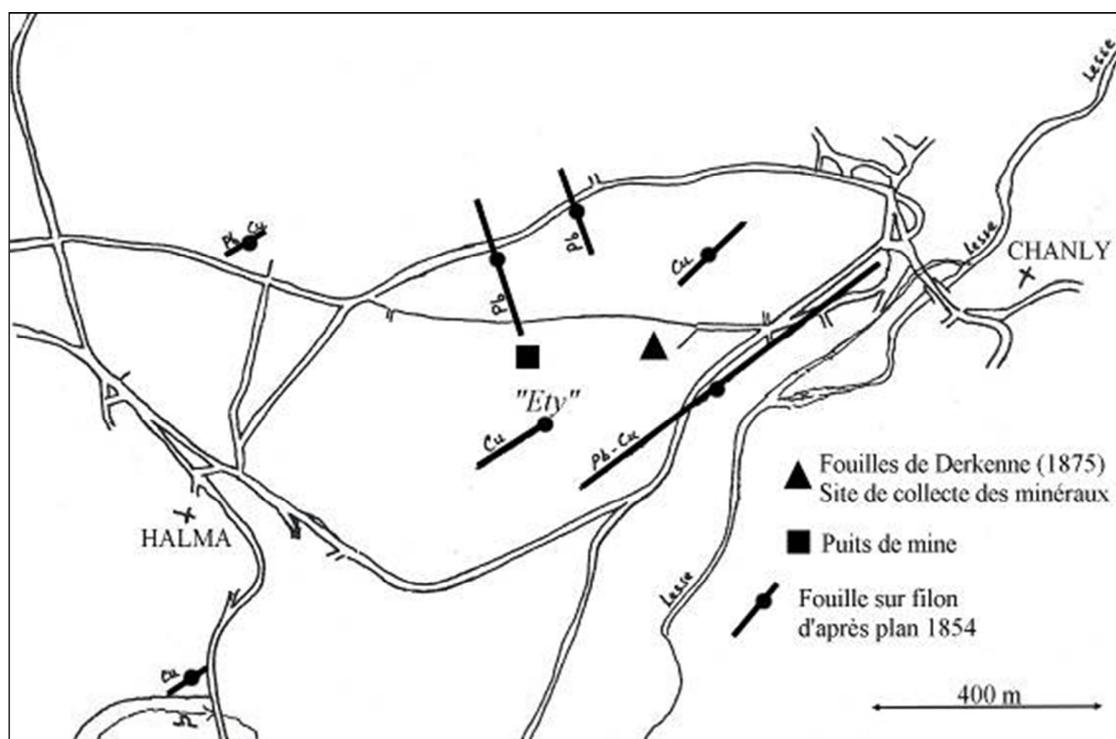
Fig. 1 : Localisation de Chanly.

Plus tard, au milieu du 19<sup>e</sup> siècle, une autre société, la « *Société des Ardennes Belges* » réalise des fouilles sur différents filons. Elle les reporte minutieusement sur une carte annexée à sa demande en concession pour cuivre, plomb, zinc et pyrite qu'elle introduit en 1854. Cette carte est reproduite en plusieurs parties dans l'ouvrage de Van de Roy (1985). Des travaux importants sont notamment réalisés sur les hauteurs de Chanly au lieu-dit "Les Étys" où elle a foncé un puits de 20 m au pied duquel deux galeries, de 8 et 10 mètres sont tracées dans le gîte. Finalement, la concession ne sera pas accordée et, dans un rapport du 13 juin 1860 l'ingénieur des mines Poncelet écrit : "*Les minerais, toujours en petites parties, affectent la forme d'injections dans les roches encaissantes ou constituant la gangue, et en pellicules sur les parois des joints... Le gîte de "Les Étys" passe pour le plus important : il consiste en un filon assez régulier de 1m d'épaisseur, qui renfermait plus de minerais qu'ailleurs, mais cependant en quantité insuffisante pour pouvoir l'exploiter avec profit.*" Ce rapport est reproduit dans l'ouvrage de Van de Roy (1985).

Aux archives de l'État à Arlon, nous trouvons également une demande en concession pour "*pyrite de cuivre et plomb*" introduite le 17 mai 1875 par un certain Derkenne qui avait déjà réalisé de nombreux travaux miniers dans la région notamment sur un filon de galène à Lignièrès entre 1861 et 1865. Dans un rapport de l'ingénieur Clément (1875), on peut lire : "*[...] accompagné du Sieur Derkenne, [...], j'ai visité les recherches qu'il pratique à l'aide de 14 ouvriers au plus dans des terrains particuliers du territoire des communes de Chanly, Halma-Resteigne. [...] Entre Chanly et Halma, à 300 m à peu près de la dite route, dans des endroits que je vis explorer anciennement [Il s'agit des travaux réalisés au lieu-dit "Les Étys"] mais où je ne fus jamais appelé à constater de découverte effectuée, Derkenne a creusé sur un filon [...] et à 400 mètres environ l'un de l'autre, deux bures profonds le premier de 20 et le second de 6 mètres où du cuivre sulfuré et carbonaté a été trouvé d'une manière bien marquée mêlé à la gangue, sur une puissance de 0,85 m à 1,60 m, dit-on que je ne pus*

toutefois suffisamment constater." Plus loin, il ajoute : "Faute d'échelles, je ne puis descendre dans les bures creusés sur les filons passant entre Chanly et Halma. Par les haldes, je constatai ce que je savais déjà depuis nombre d'années à savoir que les gîtes de cette localité sont analogues à ceux des environs ou à celui de Resteigne. Les ouvriers qui ont creusé ces bures affirment que la chalcopryrite se rencontre mêlée de gangue sur une épaisseur de 0,85 m à 1,60 m entre parois."

La Figure 2 représente le plan de demande en concession de 1854 introduite par la « Société des Ardennes Belges », sur lequel ont été ajoutées les fouilles réalisées par Derkenne vers 1875. Un de ces puits est aujourd'hui noyé et localisé dans une pâture, l'autre a été rebouché mais c'est à cet endroit que nous avons collecté anciennement la plupart de nos échantillons.



**Fig 2 :** Reproduction du plan de demande en concession introduit en 1854 par la "Société des Ardennes Belges", sur lequel sont également portés les travaux de Derkenne réalisés en 1875.

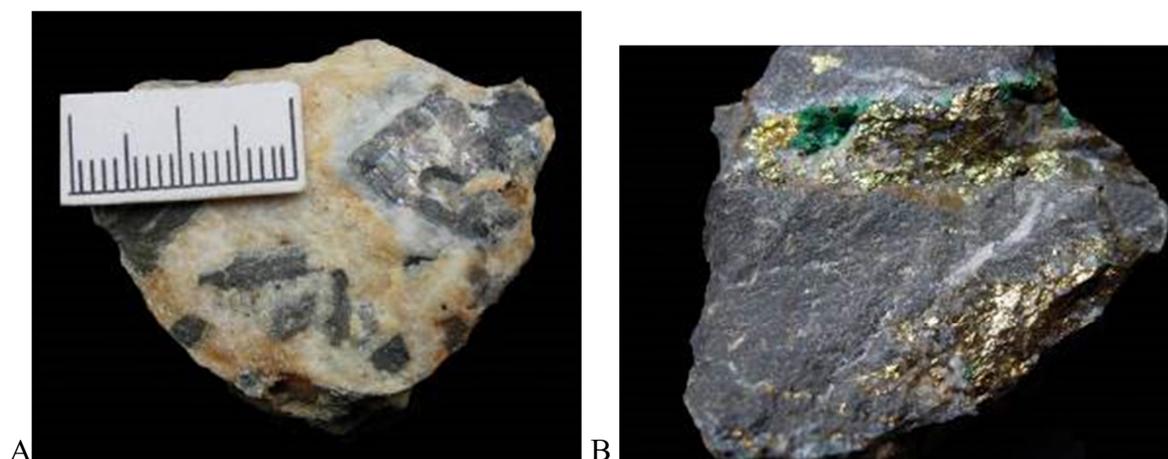
Enfin, l'ingénieur Clément (1875) fait le même constat que celui déjà écrit par l'ingénieur Poncelet en 1860 : "Dans tous ces gîtes, le minerai de cuivre est mêlé à beaucoup de gangue entre parois. Nulle part il n'est massif. Dans l'état actuel des choses, on ne peut déterminer, même approximativement la proportion des gangues." Aucune suite ne sera donnée à cette dernière demande en concession sur Chanly, Halma et Resteigne.

Hormis les rapports d'ingénieurs des mines ayant visité les travaux miniers, il y a fort peu d'autres données bibliographiques concernant ces gisements et leur minéralogie.

## 2. Contexte géologique

Chanly se trouve au pied du talus ardennais, zone de transition entre, au nord, la "Caestienne", région naturelle de faible altitude et au sous-sol généralement calcaire et, au sud, l'"Ardenne", région naturelle d'altitude plus élevée et au sous-sol constitué généralement de quartzophyllades ayant globalement mieux résisté aux agents d'érosion.

À Chanly, les roches sont datées de l'Emsien supérieur (Dévonien inférieur, système primaire). Quelques indices minéralisés sont portés par Dumoulin & Blockmans (2013) sur la nouvelle carte géologique de Wallonie (planchette 59/5-6 – Pondrôme-Wellin). Ils sont situés dans une formation appelée "SE" regroupant les formations de Saint-Joseph (siltites, grès et calcaires argileux) et de l'Eau noire (schistes carbonatés et calcaires). Comme à Masbourg (Blondieau *et al.*, 2017), les filons sont bréchiques. La Figure 3 montre des fragments minéralisés du filon.



**Fig.3 :** Fragments minéralisés du filon de Chanly. (A) Brèche avec éléments de quartzite gris et cristaux de galène cimentés par du quartz grenu. L = 4cm. (B) Quartzite gris injecté de chalcopyrite avec malachite. L = 4cm - (Photos M. Blondieau).

## 3. Descriptions minéralogiques

La minéralogie du site est étudiée sur des échantillons collectés il y a une trentaine d'années au lieu-dit " Les Étys " (Figure 2). À cet endroit, rien ne rappelle plus aujourd'hui l'intense activité minière qui y a régné jadis. Encore cultivée il y a quelques années, cette parcelle montrait, après les labours, une surface circulaire d'une dizaine de mètres de diamètre jonchée de fragments de quartzite gris et de quartz blanc minéralisés en chalcopyrite, malachite et plus rarement azurite. Il s'agit assurément de l'emplacement de l'un des puits réalisés vers 1875 par Derkenne et rebouché depuis lors. Actuellement, cet endroit est reconverti en prairie et la récolte d'échantillons n'y est plus possible.

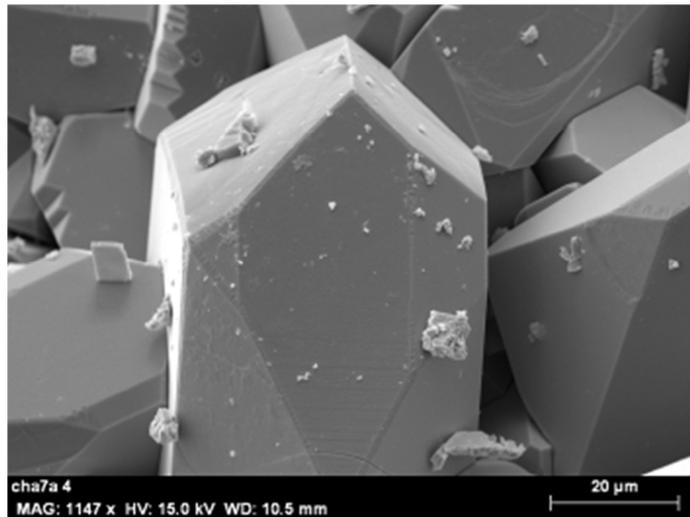
Les échantillons décrits dans cet article ont été examinés sous la loupe binoculaire et l'identité de plusieurs espèces a été confirmée par diffraction des rayons X sur un diffractomètre de poudres PANALYTICAL PW-3710 utilisant la radiation  $\text{FeK}_\alpha$  ( $\lambda = 1,9373 \text{ \AA}$ ). Lorsque les quantités de matière étaient très faibles, un diffractomètre à 4 cercles Rigaku Xcalibur, équipé d'un détecteur EOS et utilisant la radiation  $\text{MoK}_\alpha$  ( $\lambda = 0,7107 \text{ \AA}$ ), a été utilisé en mode « Debye-Scherrer ».

La morphologie des minéraux a été observée à l'aide d'un microscope électronique à balayage environnemental FEI ESEM-FEG XL 30 (CAREM-ULg, Cellule d'Appui à la Recherche et à l'Enseignement en Microscopie de l'Université de Liège). Les images ont été obtenues en électrons secondaires (mode « haut-vide ») sous une tension d'accélération de 15 kV et sur des échantillons métallisés au platine ou à l'or. Des spectres EDS (« Energy Dispersive X-ray Spectrometry ») de microanalyse élémentaire aux rayons X ont été obtenus avec le même microscope, équipé d'un détecteur de rayons X Si(Li) EDAX ou SDD Bruker 129 eV. Selon les cas, la tension d'accélération était réglée à 15, 20 ou 30 kV. Les spectres ont été traités soit par le logiciel EDAX, soit par le logiciel Quanta Esprit 1.9 qui a fourni l'identification des éléments.

Nous avons également déterminé la composition chimique de quelques échantillons avec un spectromètre à fluorescence X portable Niton XL3T-980 GOLDD+ de chez Thermo Fisher. Ce spectromètre possède un tube à rayon X Niton XL3T composé d'une anode d'or pouvant émettre un faisceau de 3 mm de diamètre d'une intensité allant de 9 à 50 kV pour une charge de 0 à 40  $\mu\text{A}$ . Les rayons X réémis passent ensuite dans un détecteur de type GOLDD (Geometrically Optimized Large Area Drift Detector) d'une résolution :  $<185 \text{ eV}$  à 60000 cps pour un temps de mise en forme de 4 $\mu\text{s}$ .

### **3.1. Anglésite, $\text{PbSO}_4$**

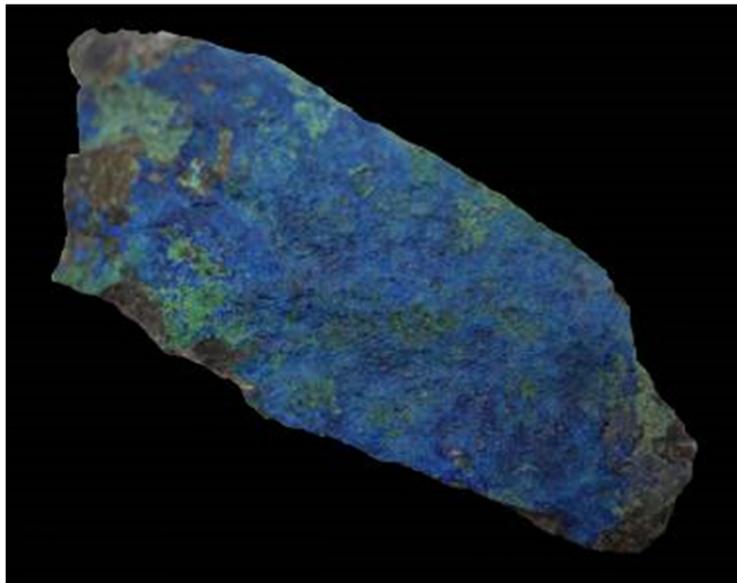
L'anglésite n'est pas fréquente à Chanly. On l'observe en petits cristaux à proximité de la galène dont elle dérive. Le minéral a été identifié à plusieurs reprises par diffraction des rayons X et son identification est prouvée par des analyses chimiques qualitatives EDS qui mettent bien en évidence les éléments O, Pb et S. De beaux cristaux sont observés en microscopie électronique à balayage (Figure 4).



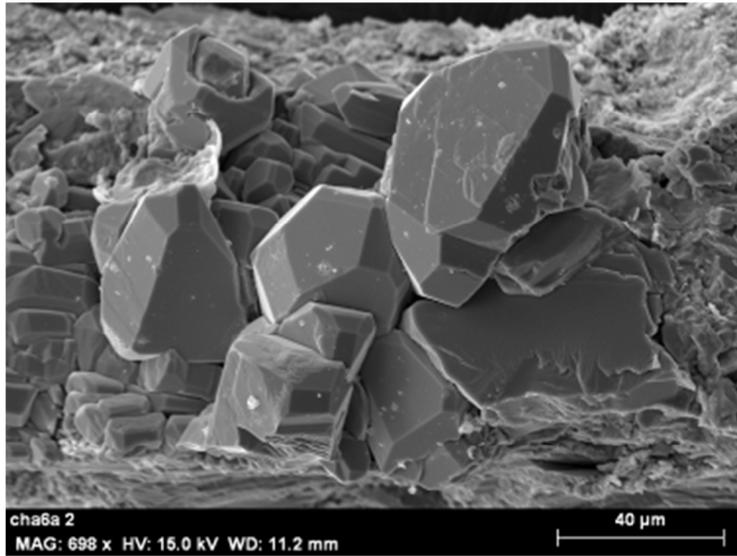
**Fig. 4 :** Anglésite de Chanly, Echantillon CHA-7, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.

### 3.2. Azurite, $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

La présence d'azurite à Chanly a été signalée par Engelsbach-Larivière (1828) : "*A Chanly, à l'endroit nommé les Étys, le cuivre carbonaté vert [la malachite] se trouve accompagné de cuivre carbonaté bleu [l'azurite] ...*" Sans y être vraiment rare, l'azurite est cependant assez peu fréquente à Chanly où elle ne forme le plus souvent que des enduits bleu terne (Figure 5). Toutefois, dans de petites cavités, le minéral parvient parfois à former de minuscules cristaux (Figures 6 et 7). L'identification du minéral repose sur son diffractogramme de poudre ainsi que sur des analyses chimiques qualitatives EDS qui mettent bien en évidence les seuls éléments O, Cu et C.

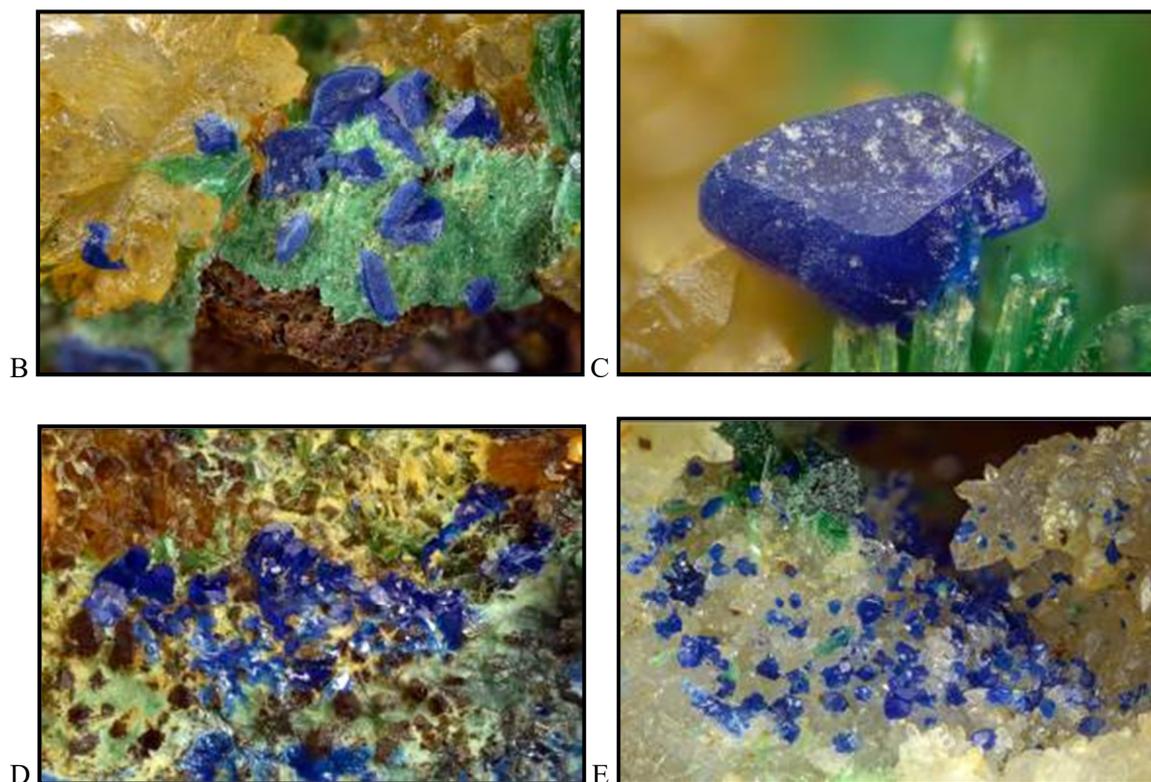


**Fig 5 :** Placage d'azurite (et malachite) de Chanly (L= 4 cm ; photo M. Blondieau).



**Fig. 6 :** Azurite de Chanly en cristaux simples et maclés. Échantillon CHA-6a, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.





**Fig 7 :** Azurite de Chanly. (A) Cristaux développés sur une boule de malachite posée sur du quartz. (B, C, D, E) Petits cristaux sur malachite et quartz. L = 3,8 mm (A); L = 2,3 mm (B); L = 0,72 mm (C); L = 2,05 mm (D); L = 2,55 mm (E). (Photos P. Chollet).

### 3.3. Beaverite-(Cu), $\text{Pb}(\text{Fe}^{3+}_2\text{Cu})(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$

La beaverite-(Cu) de Chanly s'observe en nombreux petits cristaux brun clair à jaunâtres tirant parfois vers le vert sombre. De taille infra-millimétrique, ils sont posés sur des lames brun rouge formées de goethite et d'un peu d'hématite, ces deux dernières espèces constituant les termes ultimes des phases d'oxydation de la chalcopirite (Figure 8).

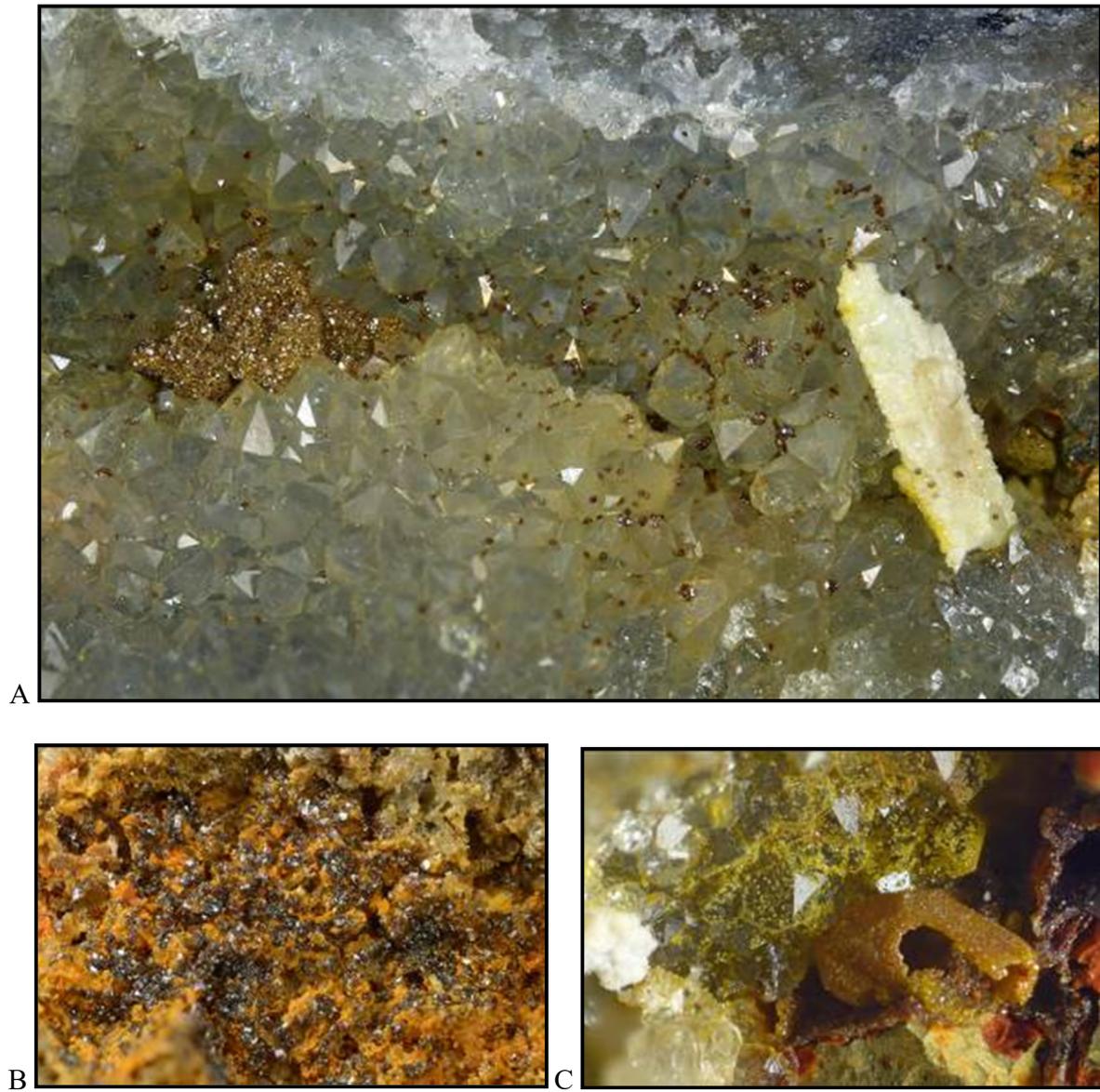
La beaverite-(Cu) est identifiée par diffraction des rayons X et par des analyses chimiques qualitatives EDS qui mettent en évidence les éléments Fe, Pb, Cu, S et O confirmant ainsi l'espèce. L'aluminium très minoritaire est également détecté et doit sans doute être attribué à un peu de dickite, un minéral d'altération omniprésent à Chanly.

Le Tableau 1 montre un très bon accord entre les raies de diffraction du minéral de Chanly et de celles de la beaverite-(Cu) de Beaver (USA), sa localité-type. La beaverite-(Cu) est une nouvelle espèce pour la Belgique. Les photos en microscopie électronique à balayage montrent la morphologie des cristaux (Figure 9).

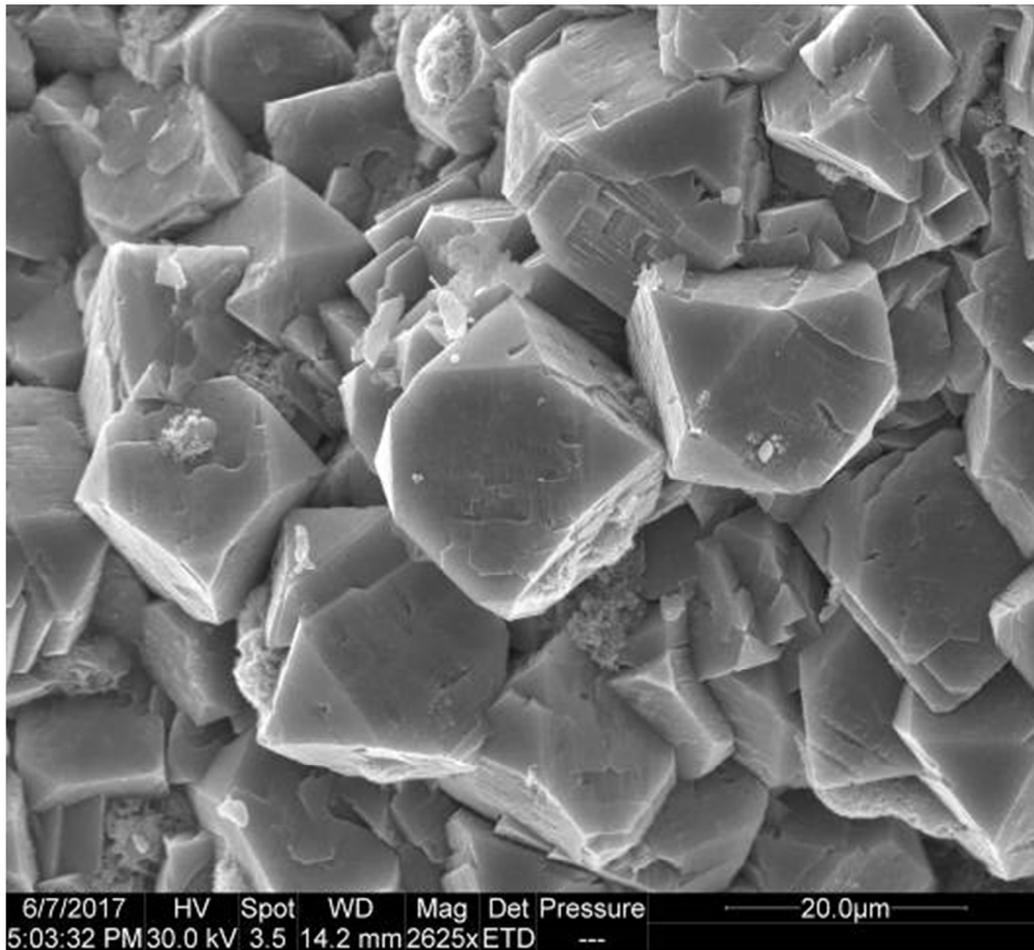
**Tableau 1** : Raies de diffraction de la beaverite-(Cu) de Chanly obtenues avec le diffractomètre Philips utilisant un tube au fer comparées à celles de Beaver, Utah, USA

| <b>Beaverite-(Cu)<br/>Chanly</b> |                                  | <b>Beaverite-(Cu)*<br/>Utah, USA</b> |   |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|
| <i>d</i> (Å)                     | <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub> | <i>d</i> (Å)                         | <i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub><br>(%) |
| <b>5,899</b>                     | <b>84</b>                        | <b>5,85</b>                          | <b>100</b>                              |
| <b>5,805</b>                     | <b>29</b>                        |                                      |   |
| 5,03                             | 7                                | 5,02                                 | 10                                      |
| -                                | -                                | 4,23                                 | 10                                      |
| 3,61                             | 48                               | 3,60                                 | 40                                      |
| 3,54                             | 7                                | 3,52                                 | 5                                       |
| -                                | -                                | 3,31                                 | 35                                      |
| <b>3,05</b>                      | <b>100</b>                       | <b>3,03</b>                          | <b>95</b>                               |
| <b>3,02</b>                      | <b>42</b>                        |                                      |   |
| 2,954                            | 25                               | 2,928                                | 20                                      |
| 2,856                            | 30                               | 2,855                                | 20                                      |
| 2,514                            | 39                               | 2,520                                | 25                                      |
| 2,352                            | 20                               | 2,335                                | 10                                      |
| <b>2,285</b>                     | <b>58</b>                        | <b>2,276</b>                         | <b>45</b>                               |
| -                                | -                                | 2,235                                | 5                                       |
| 2,078                            | 7                                | 2,070                                | 5                                       |
| 1,958                            | 35                               | 1,953                                | 30                                      |
| 1,804                            | 23                               | 1,801                                | 25                                      |
| 1,776                            | 4                                | 1,762                                | 5                                       |
| 1,725                            | 11                               | 1,722                                | 5                                       |
| 1,692                            | 12                               | 1,684                                | 5                                       |

\* Fiche ICDD 17-416: Beaverite-Cu, Beaver County, Utah, USA



**Fig 8 :** Beaverite-(Cu) de Chanly. L = 5,60 mm (A); L = 3,15 mm (B); L = 1,20 mm (C)  
(Photos P. Chollet).



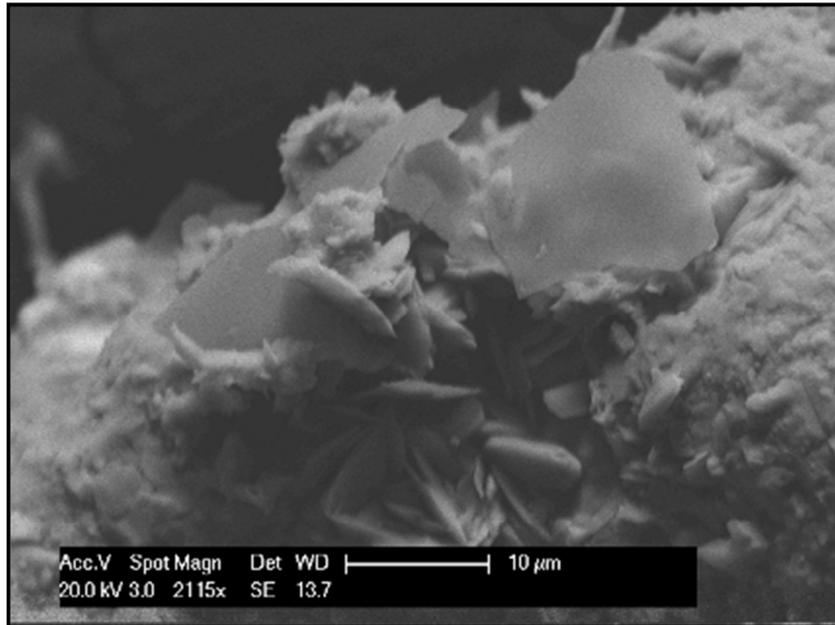
**Fig. 9** : Beaverite-(Cu) de Chanly. Échantillon CHA-01, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.

### **3.4. Bornite, $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$**

La bornite est une espèce signalée à Chanly par Buttgenbach (1921). Malgré l'observation et l'analyse de très nombreux échantillons, nous n'avons cependant jamais pu l'identifier dans ce gisement. Les collections de l'Université de Liège ne renferment pas non plus d'échantillons. La présence de bornite à Chanly doit sans doute être considérée avec une certaine réserve car la chalcopirite corrodée montre souvent des irisations multicolores un peu comparables à celles de la bornite. Il n'est pas improbable qu'une confusion entre les deux espèces ait pu survenir lors de l'identification visuelle des échantillons.

### **3.5. Brochantite, $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$**

La brochantite est une espèce peu fréquente à Chanly et elle n'est observée qu'en très petites plages en association avec d'autres espèces minérales comme la cérusite notamment (Figure 10). Elle est identifiée par diffraction des rayons X et par des analyses chimiques qualitatives EDS qui mettent bien en évidence les éléments Cu, S et O prouvant ainsi l'espèce.



**Fig. 10** : Brochantite de Chanly. Échantillon CHA-08, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.

### 3.6. Calcite, $\text{CaCO}_3$

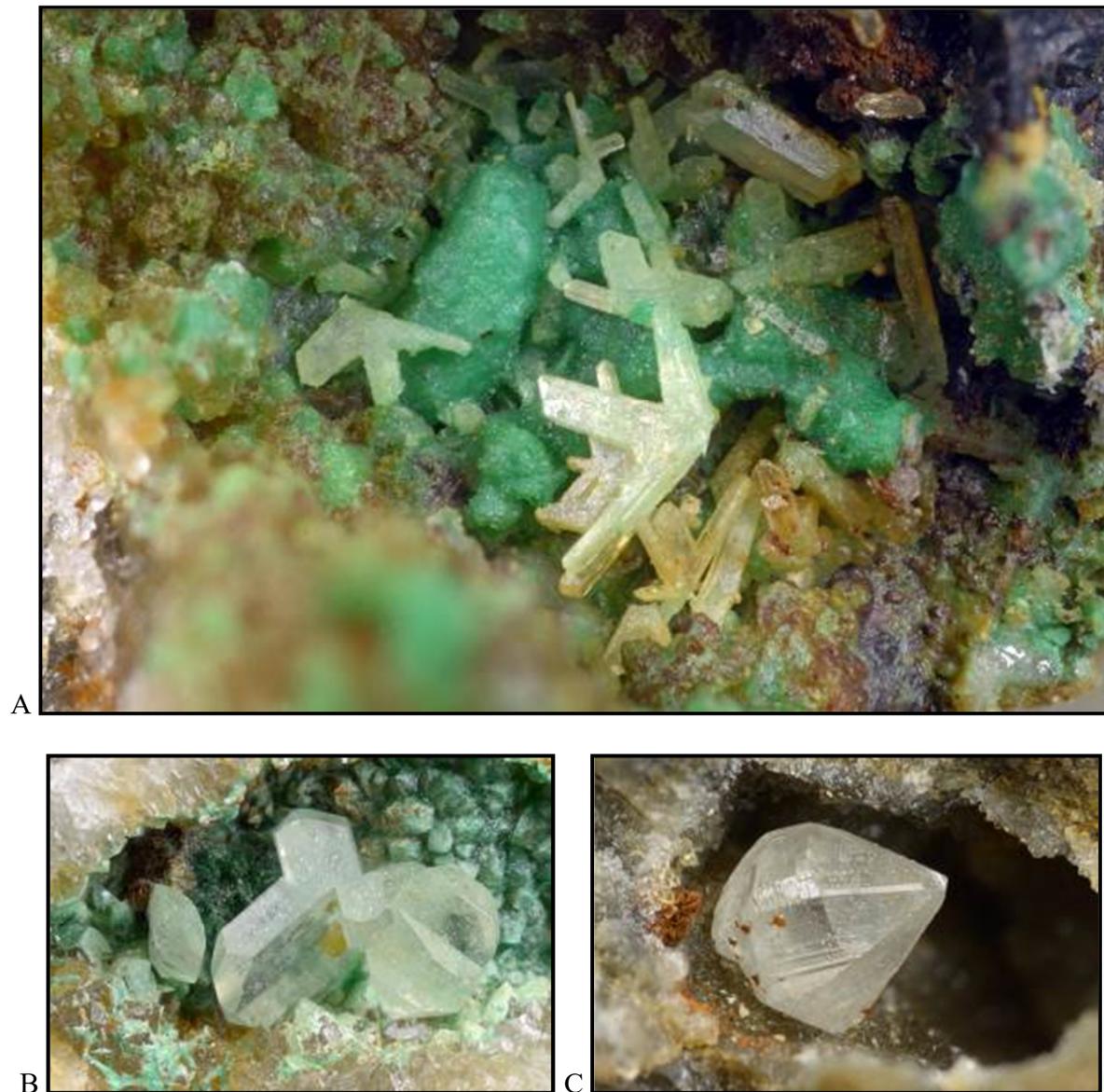
La calcite est un minéral fréquent dans la région mais assez peu présent dans les parties minéralisées du filon de Chanly. On l'observe généralement très corrodée et brunie par des oxydes de fer où elle se montre en noyaux dans la brèche filonienne quartzreuse. Parfois elle peut former de rares petits cristaux d'allure rhomboédrique (Figure 11). L'identification du minéral repose sur son diffractogramme de poudre.



**Fig 11** : Calcite de Chanly, L = 2,70 mm (Photo P. Chollet).

### 3.7. Cérusite, $\text{PbCO}_3$

La cérusite, fréquemment associée à la malachite, est très abondante à Chanly mais elle ne s'y présente le plus souvent qu'en minuscules cristaux arrondis de teinte généralement grise. Elle peut également s'observer en croûte grise vitreuse sur la galène corrodée ou dans des petites cavités du quartzite dont la forme cubique atteste de la présence passée de cristaux de galène. Parfois aussi on observe des cristaux de cérusite colorés en bleu et ils pourraient être visuellement confondus avec de la linarite dont la teinte bleue est toutefois plus soutenue. De rares échantillons montrent parfois de beaux cristaux maclés (Figure 12). La cérusite est identifiée visuellement et par diffraction des rayons X.



**Fig 12 :** Cérusite maclée de Chanly. L = 2,80 mm (A); L = 3,30 mm (B); L = 2,35 mm (C).  
(Photos P. Chollet).

### 3.8. Chalcantite, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

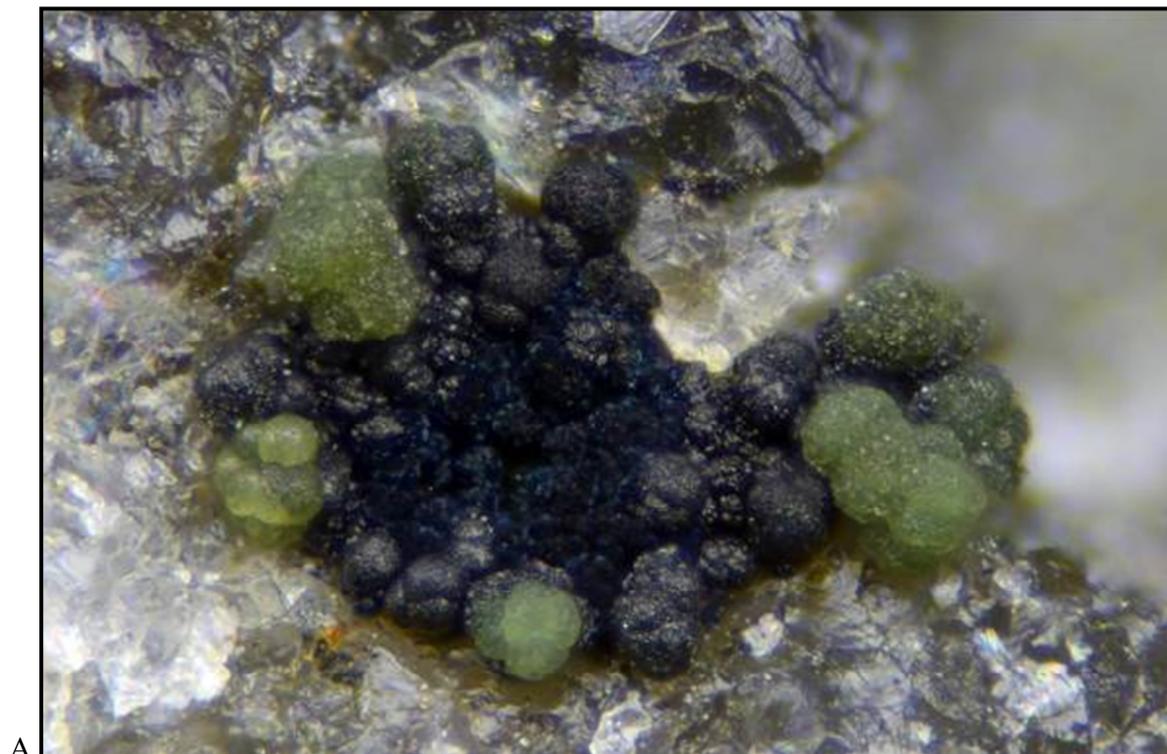
La chalcantite est un minéral secondaire qui se forme en collection sur certains échantillons. On l'observe notamment en petites crosses vertes sur des plages de galène, laquelle renferme fréquemment des inclusions de chalcoppyrite. Ces petites crosses pourraient être visuellement confondues avec du gypse. La chalcantite s'observe aussi en curieuses petites boules vert foncé à kaki qui se développent sur de la covellite de post-formation (Figure 13). Ce minéral se forme très certainement sur le gisement mais étant soluble dans l'eau, il est rapidement éliminé par les nombreuses pluies caractérisant le climat belge. Le minéral est identifié par diffraction des rayons X. Le Tableau 2 fournit les raies de diffraction du minéral de Chanly qui sont en bon accord avec celles de la chalcantite de synthèse. La chalcantite n'était pas encore signalée en Belgique (Hatert *et al.*, 2002).

**Tableau 2** : Raies de diffraction de la chalcantite de Chanly obtenues avec un diffractomètre à quatre cercles Rigaku utilisant un tube au molybdène comparées à celles de la chalcantite de synthèse. Les raies de trop faibles intensités ont été omises.

| Chalcantite<br>Chanly |                  | Chalcantite*<br>(Synthèse) |                      | Chalcantite**<br>(Synthèse) |                      |
|-----------------------|------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| <i>d</i> (Å)          | I/I <sub>0</sub> | <i>d</i> (Å)               | I/I <sub>0</sub> (%) | <i>d</i> (Å)                | I/I <sub>0</sub> (%) |
| -                     | -                | 5,73                       | 35                   | 5,75                        | 28                   |
| -                     | -                | 5,68                       | 20                   | 5,69                        | 16                   |
| 5,466                 | m                | 5,48                       | 55                   | 5,49                        | 57                   |
| -                     | -                | 5,15                       | 25                   | 5,16                        | 17                   |
| <b>4,699</b>          | <b>TF</b>        | <b>4,73</b>                | <b>100</b>           | <b>4,74</b>                 | <b>100</b>           |
| -                     | -                | 4,66                       | 20                   | 4,67                        | 21                   |
| -                     | -                | 4,00                       | 11                   | 4,01                        | 15                   |
| <b>3,982</b>          | <b>F</b>         | <b>3,99</b>                | <b>60</b>            | <b>3,99</b>                 | <b>62</b>            |
| <b>3,697</b>          | <b>F</b>         | <b>3,71</b>                | <b>85</b>            | <b>3,71</b>                 | <b>71</b>            |
| -                     | -                | 3,54                       | 20                   | 3,54                        | 16                   |
| -                     | -                | 3,45                       | 17                   | 3,46                        | 12                   |
| 3,303                 | m                | 3,30                       | 60                   | 3,31                        | 46                   |
| -                     | -                | 3,26                       | 20                   | 3,26                        | 19                   |
| -                     | -                | 3,18                       | 17                   | 3,19                        | 10                   |
| 3,063                 | f                | 3,06                       | 15                   | 3,07                        | 10                   |
| -                     | -                | 3,05                       | 30                   | 3,05                        | 17                   |
| -                     | -                | 2,867                      | 17                   | 2,876                       | 16                   |
| 2,831                 | m                | 2,824                      | 40                   | 2,839                       | 37                   |
| -                     | -                | 2,788                      | 20                   | 2,800                       | 11                   |
| -                     | -                | 2,749                      | 50                   | 2,756                       | 43                   |
| -                     | -                | 2,722                      | 15                   | 2,736                       | 8                    |
| -                     | -                | 2,662                      | 40                   | 2,673                       | 24                   |
| -                     | -                | 2,436                      | 7                    | 2,443                       | 8                    |
| 2,427                 | f                | 2,418                      | 40                   | 2,426                       | 22                   |
| 2,205                 | f                | -                          | -                    | 2,204                       | 6                    |
| 2,129                 | f                | -                          | -                    | 2,146                       | 11                   |
| 2,027                 | f                | -                          | -                    | 2,029                       | 17                   |
| -                     | -                | -                          | -                    | 1,910                       | 8                    |
| 1,901                 | f                | -                          | -                    | 1,898                       | 9                    |
| 1,827                 | f                | -                          | -                    | 1,838                       | 12                   |
| 1,770                 | f                | -                          | -                    | 1,776                       | 8                    |

\* Fiche ICDD 11-646, \*\* Zeitschrift für Kristallographie 141 (1975) 330-341.

TF : Très fort, F : Fort, m : moyen, f : faible



**Fig 13** : Chalcocite en petites boules vertes sur covellite de post-formation de Chanly. L = 0,65 mm (A); L = 1,05 mm (B) (Photos P. Chollet).

### **3.9. Chalcopyrite, $\text{CuFeS}_2$**

Comme l'avaient déjà écrit les ingénieurs des mines Poncelet (1860) et Clément (1875), la chalcopyrite est abondante dans ces petits filons quartzeux de la région de Chanly mais elle ne s'y présente généralement qu'en petites mouchetures et jamais en masses importantes. La Figure 14 montre un des plus gros échantillons "massifs" que nous avons pu collecter et il ne mesure que quelques 2 cm en longueur ! Cette chalcopyrite de Chanly provenant des parties superficielles du filon est également fort altérée et parcourue en tous sens par des veinules de goethite brune. La malachite, un des se produits secondaires, est toujours observée à proximité. L'identification de la chalcopyrite est effectuée visuellement mais est également confirmée par diffraction des rayons X.

Une analyse chimique qualitative par fluorescence X montre que cette chalcopyrite renferme un peu de plomb (0,6 % en poids) mais aussi du phosphore (0,7 % en poids), un élément qui ne s'exprime pourtant pas dans les espèces minérales recensées à Chanly.



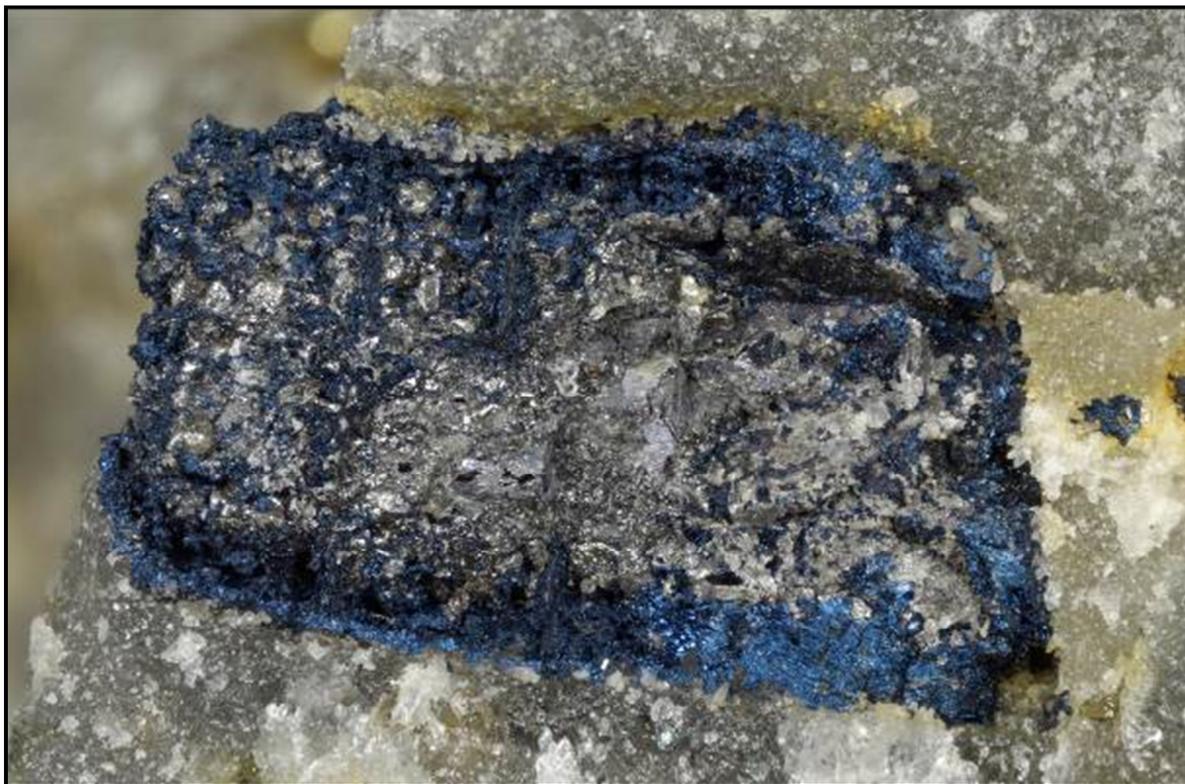
**Fig. 14** : Petit nodule de chalcopyrite "massive" avec veinules de goethite et malachite, Chanly (L : 2cm ; photo M. Blondieau).

### **3.10. Covellite, CuS**

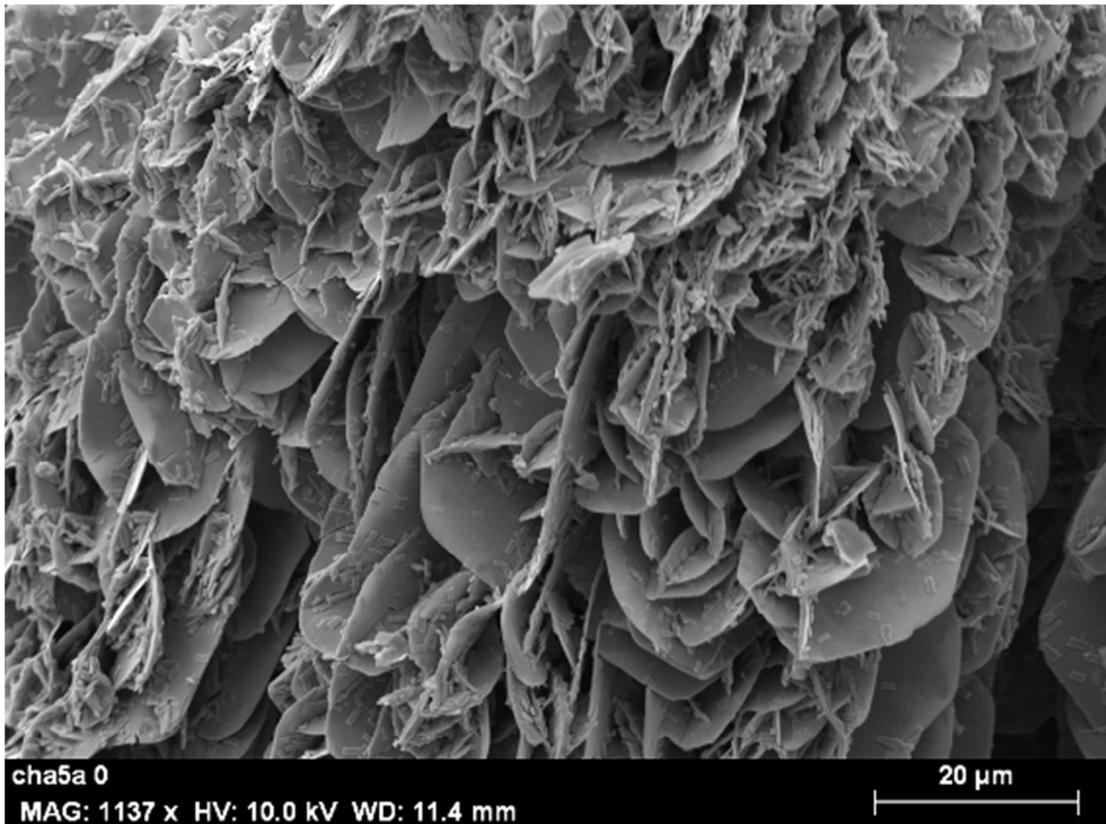
À Chanly, la covellite, identifiée par diffraction des rayons X, s'observe en grains gris millimétriques très durs dans le quartz. On la rencontre également en croûtes bleu acier d'épaisseur millimétrique avec anglésite autour de cristaux de galène très altérés (Figure 15). Ces associations sont fréquentes et ont déjà été observées notamment à Erlenbach (Blondieau *et al.*, 2018). Dans les parties superficielles du filon, la chalcoppyrite est oxydée et libère des ions cuivre II qui, entraînés dans les zones de cémentation du filon, peuvent réagir avec la galène pour former de l'anglésite ( $\text{PbSO}_4$ ) et de la covellite ( $\text{CuS}$ ).

Enfin, en collection, la covellite apparaît aussi en petites concrétions bleu violacé très fragiles sur chalcoppyrite ou galène, laquelle renferme des inclusions de chalcoppyrite. Sous ce dernier aspect, elle est assez comparable à la covellite de Masbourg (Blondieau *et al.*, 2017).

La covellite est identifiée par diffraction des rayons X et des analyses chimiques qualitatives par EDS réalisées sur des petites concrétions fragiles mettent en évidence la présence des éléments majoritaires Cu et S. Les photographies en microscopie électronique réalisées sur ces échantillons montrent un empilement de minuscules cristaux très minces (Figure 16).



**Fig 15 :** Liseré de covellite et d'anglésite sur galène de Chanly. L = 5,40 mm, photo P. Chollet.



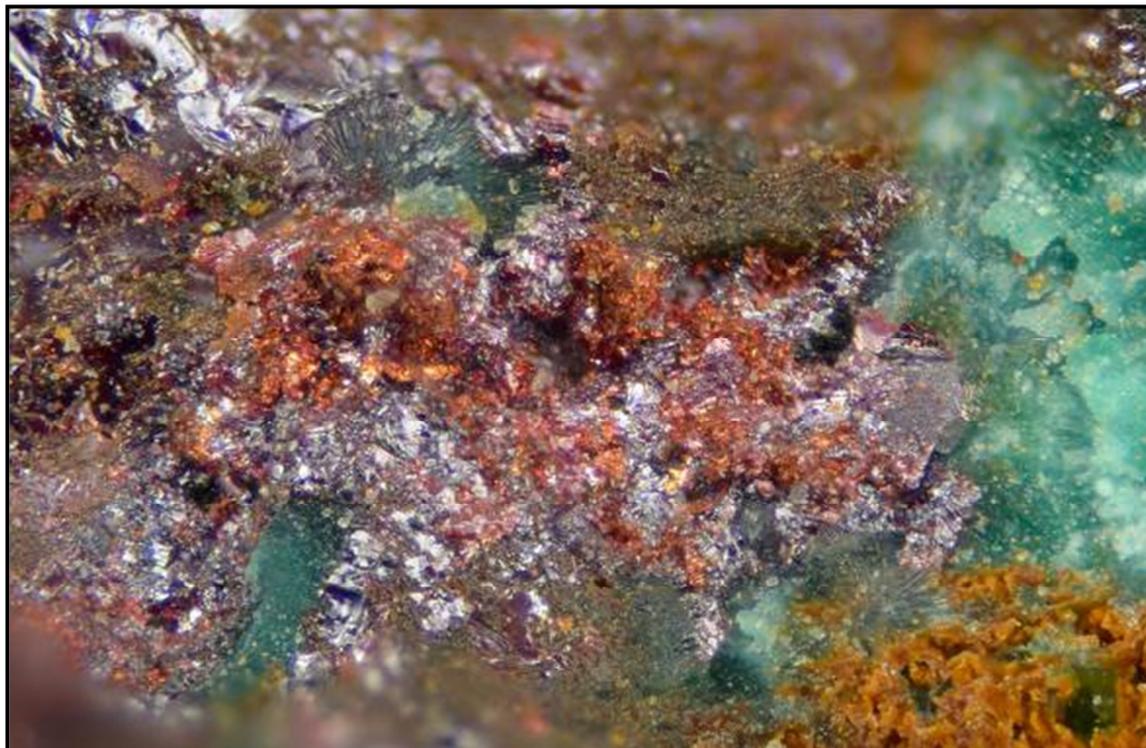
**Fig. 16 :** Covellite d'altération de Chanly. Échantillon CHA-05, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.

### **3.11. Cuivre natif, Cu**

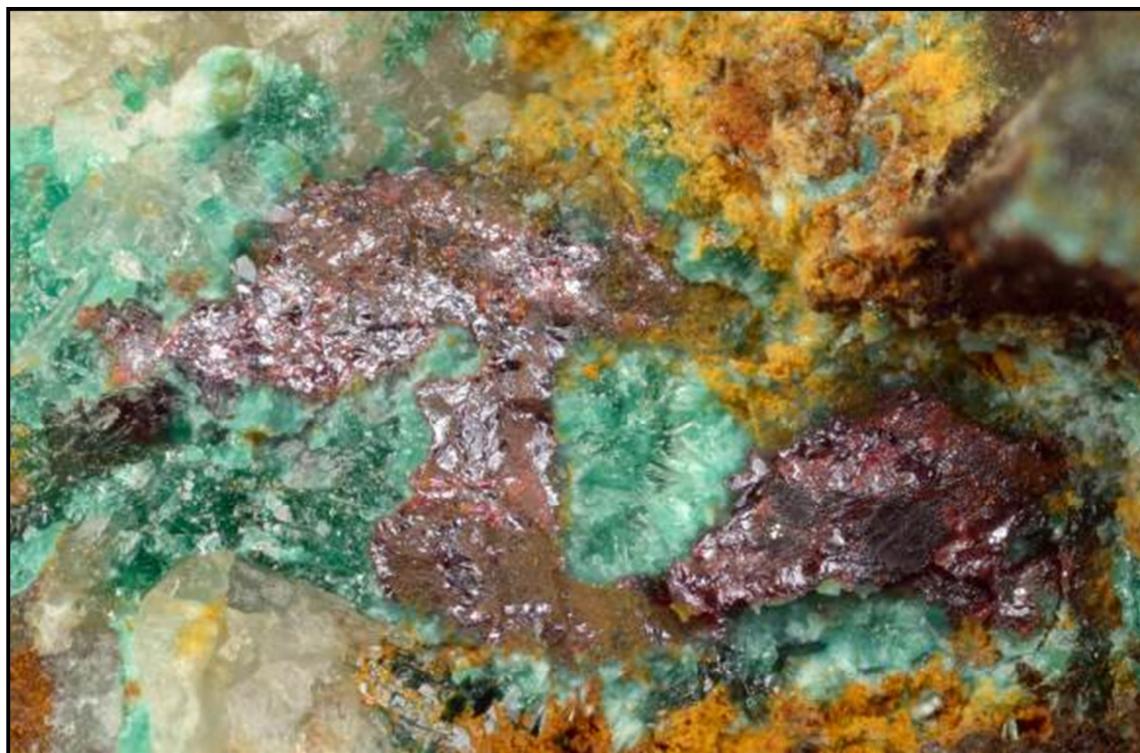
Le cuivre natif se présente en minuscules plages dans la cuprite et est identifié visuellement (Figure 17). La diffraction des rayons X de cette cuprite a permis de mettre en évidence également les raies principales du cuivre natif prouvant ainsi la présence de l'espèce.

### **3.12. Cuprite, $\text{Cu}_2\text{O}$**

La cuprite se présente à Chanly en très petites plages rouges de quelques millimètres seulement dans des échantillons caverneux riches en hydroxydes de fer (Figure 18). On la voit associée à la chalcopryrite et à la malachite. Le cuivre natif est souvent inclus dans la cuprite. Le minéral est identifié visuellement et est confirmé par diffraction des rayons X.



**Fig. 17** : Cuivre natif dans cuprite de Chanly avec malachite. L = 0,74 mm; photo P. Chollet).



**Fig. 18** : Cuprite de Chanly avec malachite et goethite. L = 2,10 mm ; photo P. Chollet.

### **3.13. Cyanotrichite, $\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_{12}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$**

Un échantillon unique présente des fibres bleu pâle disposées en duvet sur quartz et sur des cristaux de malachite (Figure 19). En microscopie électronique, les nombreux cristaux fibreux d'une longueur d'une dizaine de microns seulement sont observés, associés côte à côte, et forment des sortes de feuillets d'aspect ruinforme (Figure 20).

Le minéral est visuellement identifié comme de la cyanotrichite ou de la carbonatecyanotrichite, deux espèces chimiquement très proches et qui ne se différencient que par la présence d'un groupement sulfate dans la première et d'un groupement carbonate dans la seconde. Les analyses par diffraction des rayons X avec le diffractomètre à quatre cercles en mode poudre n'ont fourni que de mauvais diffractogrammes. Cela est dû aux très faibles quantités de matière disponibles mais surtout au fait que le minéral ne forme pas une poudre à l'écrasement mais bien une sorte de lame compacte, ce que l'on comprend bien en regardant la morphologie du minéral sur les photographies au microscope électronique à balayage (Figure 20). Les raies de diffraction obtenues sur trois échantillons sont mises en parallèle avec celles de la cyanotrichite d'Arizona (USA) et de la carbonatecyanotrichite de Russie (Tableau 3). L'observation de ce tableau semble indiquer que les trois raies les plus intenses (mises en gras) sont proches de celles de la carbonatecyanotrichite alors que les plus faibles valeurs de "d" semblent plutôt en assez bon accord avec celles de la cyanotrichite. Ces deux espèces fournissent cependant des raies de diffraction très proches et les mauvais diffractogrammes que nous avons obtenus ne permettent pas de trancher définitivement en faveur de l'une ou l'autre de ces deux espèces. Par ailleurs, Hager *et al.* (2009) signalent que les intensités observées pour la cyanotrichite et la carbonatecyanotrichite sont très affectées par des orientations préférentielles et qu'elles ne sont pas un guide utile de comparaison. Ces auteurs ajoutent également que les deux espèces coexistent fréquemment sur un même échantillon.

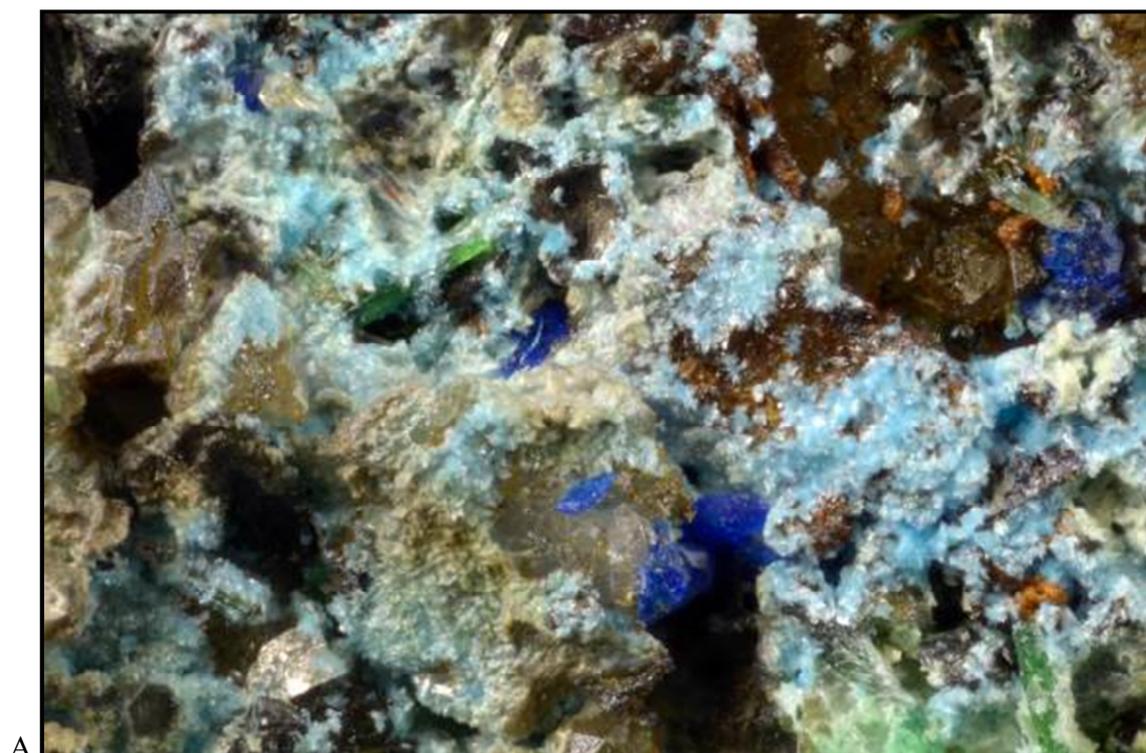
Par contre, les analyses chimiques semi-quantitatives par EDS indiquent la présence des éléments Cu, Al, S et O en proportions presque quantitatives. Ainsi, pour un atome de soufre, on en trouve par calcul 4,2 de cuivre, 2,1 d'aluminium et environ 20 d'oxygène. La présence de soufre et cette composition chimique presque idéale indiquent que le minéral de Chanly est bien de la cyanotrichite, une espèce nouvelle pour la Belgique.

**Tableau 3** : Raies de diffraction de trois échantillons de Chanly obtenues avec un diffractomètre à quatre cercles Rigaku utilisant un tube au molybdène, comparées à celles de cyanotrichite d'Arizona (USA) et de carbonatecyanotrichite de Russie.

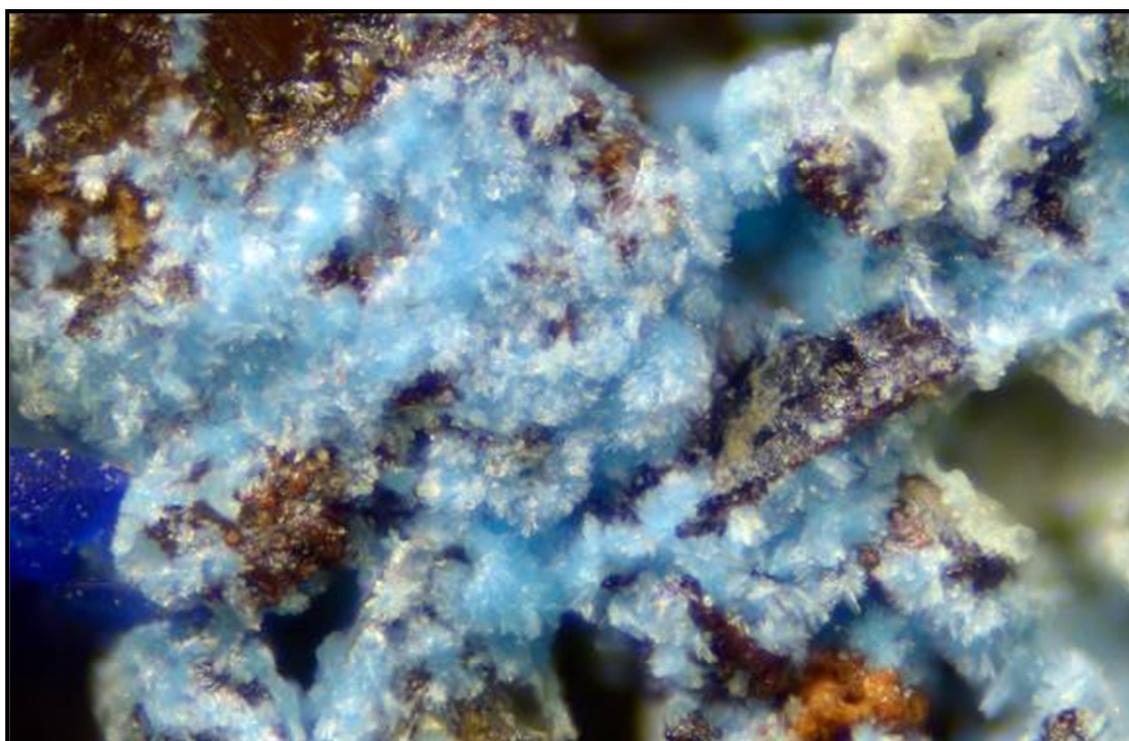
| Éch n°1           | Éch n°2           | Éch n°3           | Cyanotrichite* |                      | Carbonatecyanotrichite** |                      |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Chanly            | Chanly            | Chanly            | USA            |                      | Russie                   |                      |
| <i>d</i> (Å)      | <i>d</i> (Å)      | <i>d</i> (Å)      | <i>d</i> (Å)   | I/I <sub>0</sub> (%) | <i>d</i> (Å)             | I/I <sub>0</sub> (%) |
| 10                | 11,89<br>9,61     | -                 | <b>10,2</b>    | <b>100</b>           | <b>10,1</b>              | <b>95</b>            |
| 7,213             | 7,298             | -                 | 8,63           | 5                    | -                        | -                    |
| -                 | 5,682             | 5,848             | 6,35           | 10                   | -                        | -                    |
| 5,541             | -                 | -                 | -              | -                    | 5,63                     | 45                   |
| -                 | -                 | -                 | 5,47           | 50                   | -                        | -                    |
| <b>4,990 (TF)</b> | 4,928             | -                 | <b>5,26</b>    | <b>80</b>            | -                        | -                    |
| -                 | <b>4,369 (TF)</b> | 4,427             | 5,07           | 10                   | <b>5,03</b>              | <b>60</b>            |
| <b>4,155 (TF)</b> | 4,085             | <b>4,085 (TF)</b> | -              | -                    | -                        | -                    |
| -                 | -                 | -                 | <b>3,88</b>    | <b>90</b>            | 3,89                     | 6                    |
| <b>3,690 (TF)</b> | 3,721             | <b>3,721 (TF)</b> | -              | -                    | 3,65                     | 16                   |
| -                 | 3,513             | -                 | -              | -                    | -                        | -                    |
| 3,381             | -                 | 3,349             | 3,38           | 35                   | 3,33                     | 60                   |
| -                 | -                 | -                 | 3,16           | 15                   | -                        | -                    |
| 3,044             | -                 | -                 | 3,04           | 40                   | -                        | -                    |
| 2,855 (F)         | -                 | -                 | 2,935          | 10                   | 2,93                     | 2                    |
| -                 | -                 | -                 | -              | -                    | 2,77                     | 45                   |
| 2,524             | -                 | -                 | 2,539          | 25                   | 2,51                     | 50                   |
| -                 | -                 | -                 | -              | -                    | 2,45                     | 45                   |
| 2,359             | 2,394             | 2,400             | 2,392          | 35                   | 2,38                     | 8                    |
| -                 | 2,312             | -                 | 2,318          | 25                   | -                        | -                    |
| 2,189             | -                 | -                 | 2,156          | 5                    | -                        | -                    |
| 2,064             | 2,058             | 2,063             | 2,071          | 5                    | -                        | -                    |
| -                 | -                 | -                 | 2,032          | 35                   | 2,01                     | 55                   |
| -                 | -                 | -                 | 1,969          | 5                    | -                        | -                    |
| 1,895             | -                 | -                 | 1,861          | 10                   | -                        | -                    |
| 1,834             | 1,826             | -                 | 1,821          | 5                    | -                        | -                    |
| 1,683             | -                 | -                 | 1,689          | 5                    | -                        | -                    |
| -                 | -                 | -                 | 1,675          | 10                   | 1,67                     | 2                    |
| -                 | -                 | -                 | 1,617          | 10                   | -                        | -                    |
| 1,582             | -                 | -                 | 1,575          | 5                    | -                        | -                    |
| 1,536             | 1,556             | 1,549             | 1,546          | 15                   | -                        | -                    |
| 1,508             | -                 | -                 | 1,525          | 5                    | 1,529                    | 2                    |
| 1,476             | -                 | -                 | 1,495          | 5                    | -                        | -                    |
| -                 | 1,451             | 1,449             | 1,452          | 10                   | 1,441                    | 2                    |

\* Fiche ICDD 11-131 : Cyanotrichite de Last Chance mine, Grand Canyon, Arizona, USA. - \*\* Fiche ICDD 16-365 : Carbonatecyanotrichite de Balasauskandyk, Northwest Kara-Tau, Russie.

TF : Très fort, F : Fort

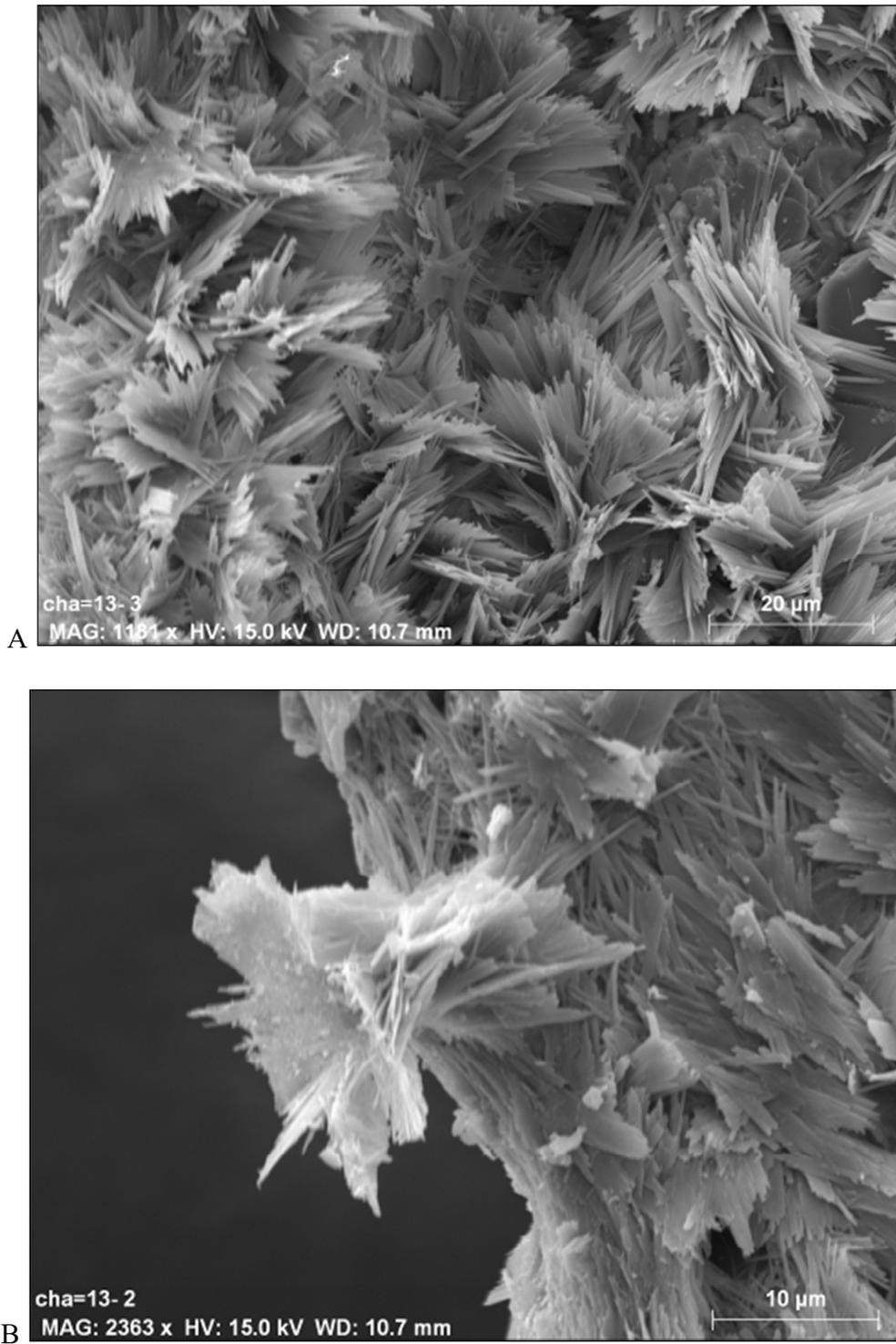


A



B

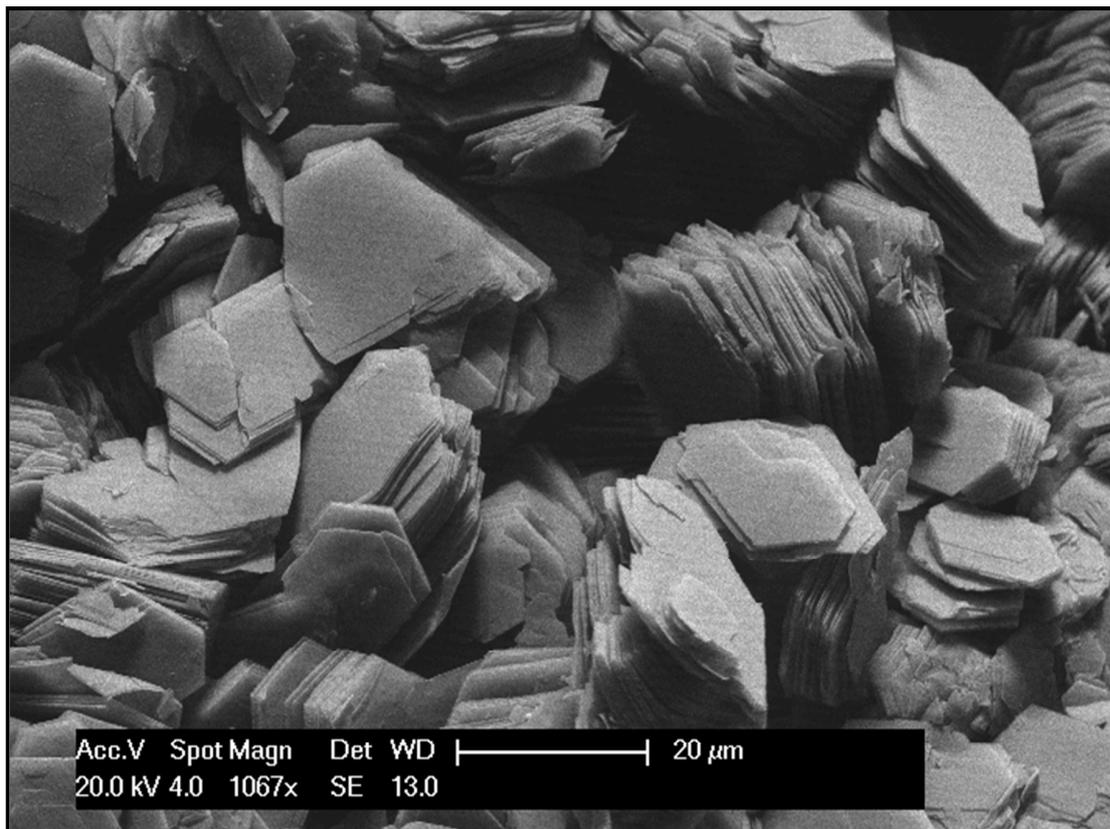
**Fig. 19 :** Cyanotrichite bleu pâle et azurite bleue de Chanly.  
L = 1,70 mm (A); L = 0,67 mm (B). (Photos P. Chollet).



**Fig. 20 :** Cyanotrichite de Chanly. Échantillon CHA-13, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.

### 3.14. Dickite, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

La dickite est très fréquente à Chanly où elle se présente en minuscules cristaux blancs ou en plaquettes jaunâtres sur des cristaux de quartz ou de malachite dans des petites cavités du quartzite (Figure 21). Le minéral est identifié par diffraction des rayons X et par des analyses chimique qualitatives EDS qui mettent en évidence les éléments Al, Si et O prouvant l'identité de l'espèce. Ce minéral d'altération est commun dans la région et a été mis en évidence à Masbourg (Blondieau *et al.*, 2017) ainsi qu'à Bure où il a également été reconnu par diffraction des rayons X (Blondieau, 2011).



**Fig. 21** : Cristaux de dickite de Chanly. Echantillon CHA-11, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.

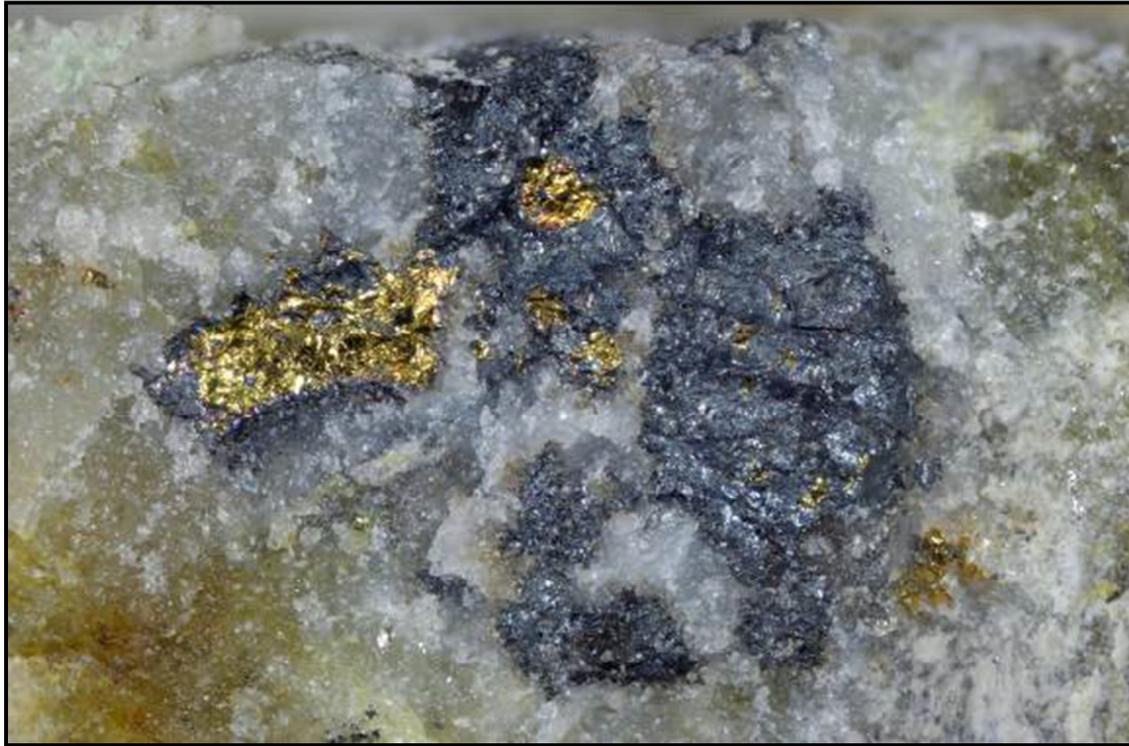
### 3.15. Djurléite, $\text{Cu}_3\text{S}_{18}$

La djurléite, relativement rare à Chanly, se présente en plages gris acier millimétriques en association avec la chalcopirite (Figure 22). Aucune cristallisation n'a pu être observée. Visuellement identifiée comme chalcocite, une analyse par diffraction des rayons X montre des raies de diffraction qui sont en bien meilleur accord avec celles de la djurléite qu'avec celles de la chalcocite (Tableau 4). La djurléite et la chalcocite sont toutefois des espèces proches. En Belgique, la djurléite est déjà signalée à Salmchâteau et à Vielsalm (Hatert *et al.*, 2002).

**Tableau 4** : Comparaison des raies de diffraction de la djurléite de Chanly obtenues avec le diffractomètre à quatre cercles Rigaku utilisant un tube au molybdène avec celles de djurléite et de chalcocite. Afin d'alléger le tableau, les raies dont le rapport  $I/I_0$  est inférieur à 8% ont été omises.

| Djurléite<br>Chanly |         | Djurléite*<br>(Synthèse) |                | Djurléite**<br>Missouri, USA |                | Chalcocite-M***<br>Bristol, USA |                |
|---------------------|---------|--------------------------|----------------|------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| $d$ (Å)             | $I/I_0$ | $d$ (Å)                  | $I/I_0$<br>(%) | $d$ (Å)                      | $I/I_0$<br>(%) | $d$ (Å)                         | $I/I_0$<br>(%) |
| -                   | -       | 6,17                     | 15             | -                            | -              | -                               | -              |
| 5,26                | f       | 5,13                     | 8              | -                            | -              | -                               | -              |
| 4,243               | m       | 4,284                    | 5              | 4,294                        | 6              | -                               | -              |
| -                   | -       | 3,903                    | 9              | 3,907                        | 6              | -                               | -              |
| 3,781               | m       | 3,758                    | 20             | 3,768                        | 8              | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 3,735                           | 25             |
| -                   | -       | 3,586                    | 5              | 3,597                        | 7              | 3,599                           | 13             |
| -                   | -       | 3,385                    | 3              | 3,397                        | 29             | -                               | -              |
| 3,309               | F       | 3,291                    | 8              | 3,291                        | 3              | 3,325                           | 18             |
| -                   | -       | 3,283                    | 15             | 3,286                        | 7              | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 3,276                           | 35             |
| -                   | -       | 3,194                    | 18             | 3,198                        | 8              | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 3,188                           | 18             |
| -                   | -       | 3,161                    | 5              | -                            | -              | 3,158                           | 25             |
| -                   | -       | 3,044                    | 15             | 3,048                        | 6              | 3,05                            | 13             |
| 3,012               | m       | 3,013                    | 19             | 3,016                        | 11             | -                               | -              |
| -                   | -       | 2,970                    | 9              | 2,970                        | 8              | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | 2,950                        | 6              | 2,951                           | 18             |
| -                   | -       | 2,938                    | 3              | -                            | -              | 2,932                           | 13             |
| -                   | -       | 2,895                    | 15             | 2,902                        | 11             | -                               | -              |
| -                   | -       | 2,869                    | 13             | 2,871                        | 16             | -                               | -              |
| -                   | -       | 2,818                    | 10             | -                            | -              | -                               | -              |
| 2,799               | m       | 2,812                    | 5              | 2,817                        | 6              | -                               | -              |
| -                   | -       | 2,779                    | 10             | -                            | -              | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 2,765                           | 13             |
| -                   | -       | -                        | -              | 2,664                        | 8              | 2,667                           | 18             |
| -                   | -       | 2,654                    | 20             | 2,659                        | 11             | -                               | -              |
| -                   | -       | 2,629                    | 10             | -                            | -              | 2,620                           | 18             |
| -                   | -       | -                        | -              | 2,572                        | 10             | -                               | -              |
| -                   | -       | 2,530                    | 8              | -                            | -              | 2,533                           | 13             |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 2,527                           | 18             |
| -                   | -       | 2,477                    | 10             | 2,484                        | 7              | 2,477                           | 18             |
| -                   | -       | 2,469                    | 10             | -                            | -              | -                               | -              |
| -                   | -       | 2,417                    | 17             | 2,416                        | 11             | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | 2,401                        | 9              | 2,407                           | 50             |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 2,403                           | 70             |
| -                   | -       | 2,396                    | 3              | 2,398                        | 11             | 2,399                           | 35             |
| -                   | -       | -                        | -              | 2,393                        | 37             | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | 2,3908                       | 36             | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | 2,3903                       | 18             | -                               | -              |
| 2,384               | F       | 2,389                    | 85             | 2,379                        | 13             | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 2,330                           | 25             |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 2,242                           | 13             |
| -                   | -       | 2,219                    | 6              | 2,208                        | 5              | 2,209                           | 35             |
| 2,161               | f       | 2,188                    | 5              | -                            | -              | 2,182                           | 6              |
| 2,048               | m       | 2,06                     | 4              | 2,07                         | 10             | 2,027                           | 6              |
| -                   | -       | -                        | -              | 1,968                        | 45             | 1,974                           | 70             |
| 1,953               | F       | 1,962                    | 50             | 1,960                        | 100            | 1,951                           | 13             |
| -                   | -       | 1,955                    | 100            | -                            | -              | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 1,881                           | 70             |
| -                   | -       | -                        | -              | -                            | -              | 1,880                           | 100            |
| 1,873               | m       | 1,871                    | 95             | 1,873                        | 49             | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | 1,872                        | 21             | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | 1,871                        | 52             | -                               | -              |
| -                   | -       | -                        | -              | 1,868                        | 25             | -                               | -              |
| 1,691               | m       | 1,695                    | 15             | 1,698                        | 15             | -                               | -              |

\* ICDD 34-660 ; \*\* Zeitschrift für Kristallographie 150 (1979) 299-320 : Sweetwater, Missouri, USA, \*\*\* ICDD 34-490  
F : Fort, m : moyen, f : faible



**Fig. 22** : Djurléite et chalcopyrite de Chanly. L = 3,40 mm, photo P. Chollet.

### **3.16. Galène, PbS**

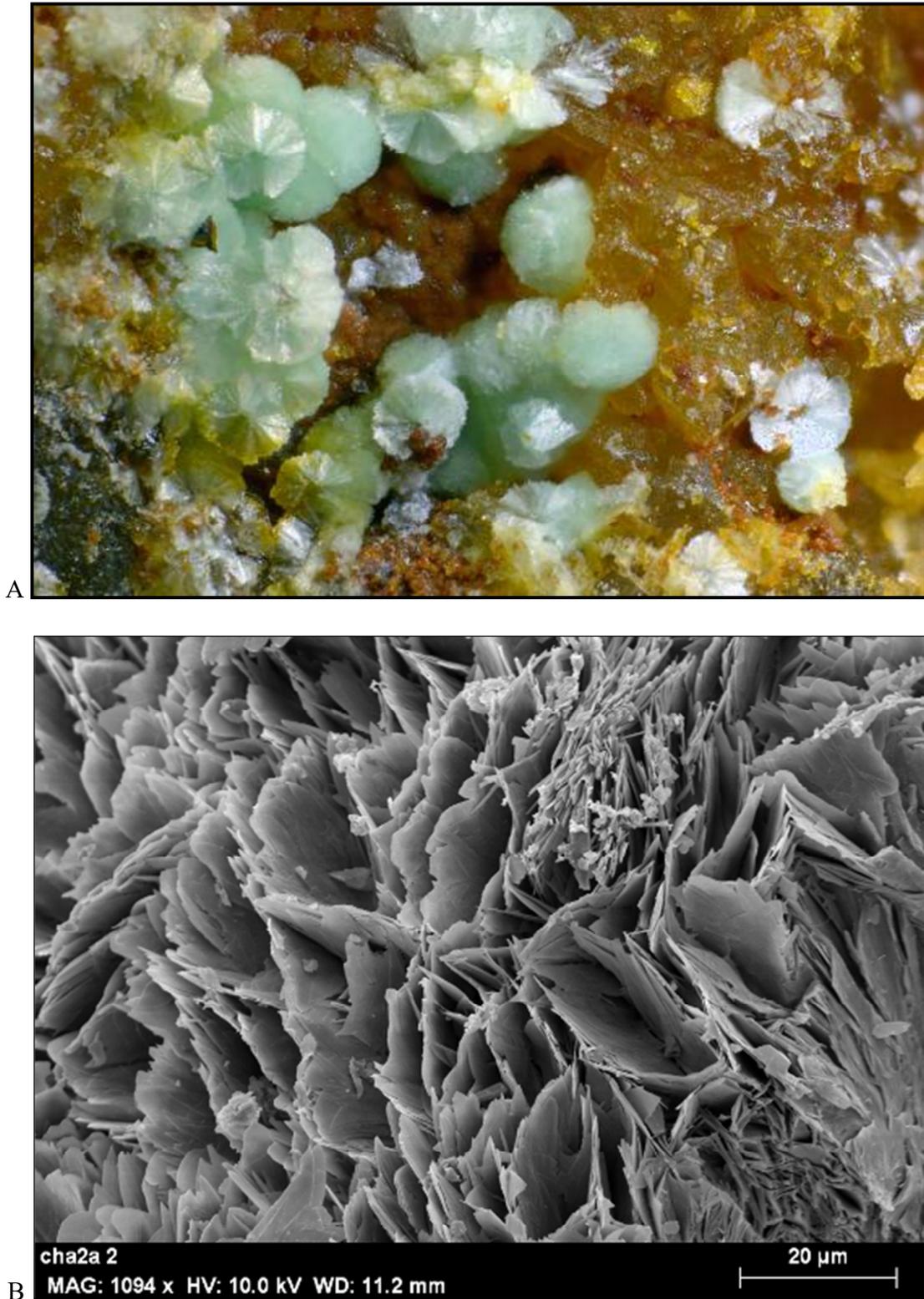
La galène est une espèce très fréquente en Belgique et on l'a exploitée dans de nombreux petits gîtes au XIX<sup>e</sup> siècle. Dans le matériel récolté à Chanly, elle se présente en cristaux parfois centimétriques inclus dans un quartzite blanc (Figure 23). Bien qu'assez fréquente à Chanly, elle s'y montre cependant toujours disséminée et bien moins abondante que la chalcopyrite. Une analyse chimique qualitative par fluorescence X montre que cette galène renferme un peu de cuivre, de phosphore ainsi que des traces d'argent ( $76 \pm 25$  ppm), ce qui est peu par comparaison avec ce que l'on mesure généralement dans d'autres galènes belges.



**Fig. 23 :** Galène en petits cristaux dans quartzite blanc de Chanly. L = 4cm, photo M. Blondieau.

### **3.17. Gibbsite, $\text{Al}(\text{OH})_3$**

Un minéral en petites boules vert pâle montrant sur cassure un éclat micacé est observé sur un seul échantillon (Figure 24a). Les photos en microscopie électronique à balayage montrent que sa surface est entièrement couverte de cristaux lamellaires très minces d'aspect ruiniforme (Figure 24b). Les analyses chimiques qualitatives par EDS indiquent la présence majoritaire de O et Al avec Cu présent en quantités non négligeables. Le soufre et le fer ne sont présents qu'en traces. Visuellement, ce minéral pourrait être identifié comme de la chalcoalumite mais la quasi absence de soufre exclut cette identification. De plus, les diffractogrammes de poudre obtenus avec le diffractomètre à quatre cercles ne montrent pas les raies principales de la chalcoalumite. La médiocrité des diffractogrammes est due aux faibles quantités de matière disponibles et à la mauvaise cristallinité du minéral. Les recherches sur base de la composition chimique n'autorisent que quelques espèces minérales et, sur base des diffractogrammes obtenus, on peut identifier le minéral de Chanly comme étant de la gibbsite. Les diffractogrammes de poudre sont d'ailleurs assez semblables à ceux de la gibbsite de Visé (Blondieau *et al.*, 2019), laquelle se présente parfois aussi en petites boules vert pâle à cassure nacré. La gibbsite semble d'ailleurs se présenter très fréquemment dans des tons bleutés à vert pâle. La coloration du minéral de Chanly est très certainement attribuable à la présence de cuivre.



**Fig. 24 :** Gibbsite de Chanly. (A) L = 1,40 mm (Photo P. Chollet). (B) Échantillon CHA-02, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.

### **3.18. Goethite, FeO(OH) et hématite, $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

La goethite correspond au stade final de l'altération météorique de la chalcoppyrite selon la réaction suivante :



À Chanly, la goethite est fréquente en petites veinules dans la chalcoppyrite (Figure 16). Plus rarement, elle peut former des concrétions assez esthétiques avec malachite (Figure 25). Le support rouge pulvérulent sur lequel sont posés les cristaux de beaverite-(Cu) est constitué de goethite majoritaire et d'hématite. Ces deux espèces sont identifiées par diffraction des rayons X.



**Fig. 25 :** Goethite de Chanly avec malachite et quartz. L = 2,40 mm, photo P. Chollet.

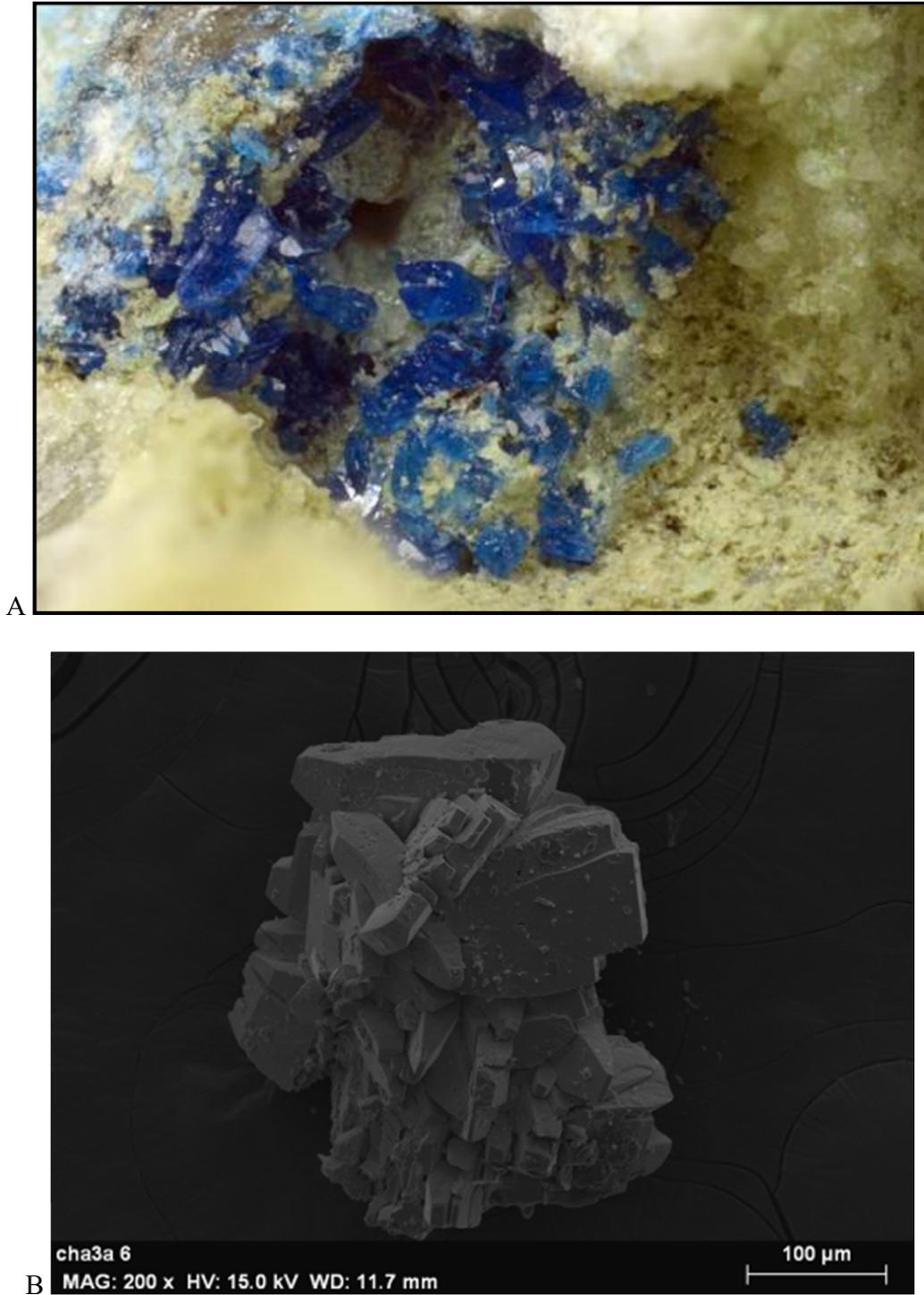
### **3.19. Gypse, Ca(SO<sub>4</sub>).2H<sub>2</sub>O**

Le gypse n'a été observé que sur quelques échantillons sur lesquels il se présente en minuscules cristaux incolores recouverts d'une pellicule rouge de goethite. Le minéral est identifié par diffraction des rayons X.

### **3.20. Linarite, CuPb(SO<sub>4</sub>)(OH)<sub>2</sub>**

La linarite semble fort rare à Chanly où elle a été identifiée par diffraction des rayons X et par des analyses chimiques qualitatives EDS qui ont mis en évidence la présence des éléments O, Pb, Cu et S. Les cristaux sont très petits (Figure 26). L'identification visuelle n'est pas toujours simple car le minéral peut être confondu avec l'azurite et même aussi avec des cristaux de cérusite colorés en bleu. En Belgique, la linarite a déjà été reconnue dans quelques localités :

Bastogne (Hatert *et al.*, 2002), La Roche-en-Ardenne (Blondieau & Hatert, 2009), filon de bleiberg à Schimper (Blondieau & Polrot, 2011) et Masbourg (Blondieau *et al.*, 2017).



**Fig. 26 :** Linarite de Chanly. (A) L = 1,75 mm (Photo P. Chollet) (B) Échantillon CHA-3, photographie au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires.

### 3.21. Malachite, $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

La malachite est très abondante à Chanly où elle s'observe le plus souvent en petites gerbes (Figure 27a) ou petits agrégats (Figure 27b) dans des cavités de quartz au voisinage de la chalcopirite. Plus rarement, elle se présente en associations de cristaux prismatiques maclés de plusieurs millimètres (Figures 28 et 29), ce qui est rare en Belgique où la malachite ne s'exprime généralement qu'en cristaux très minces voire fibreux et de petite longueur. L'identification du minéral est faite visuellement et est confirmée par diffraction des rayons X.

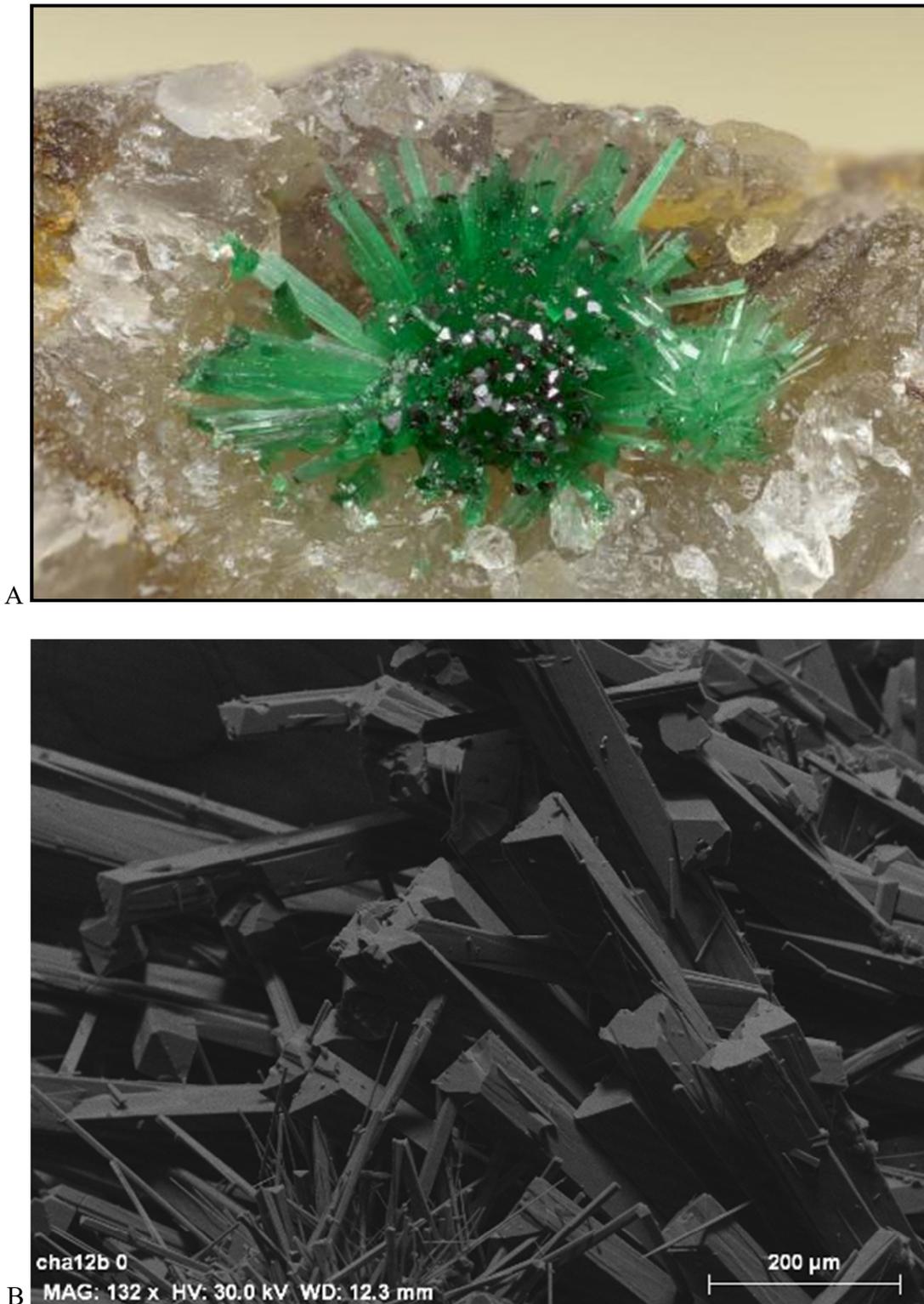


A

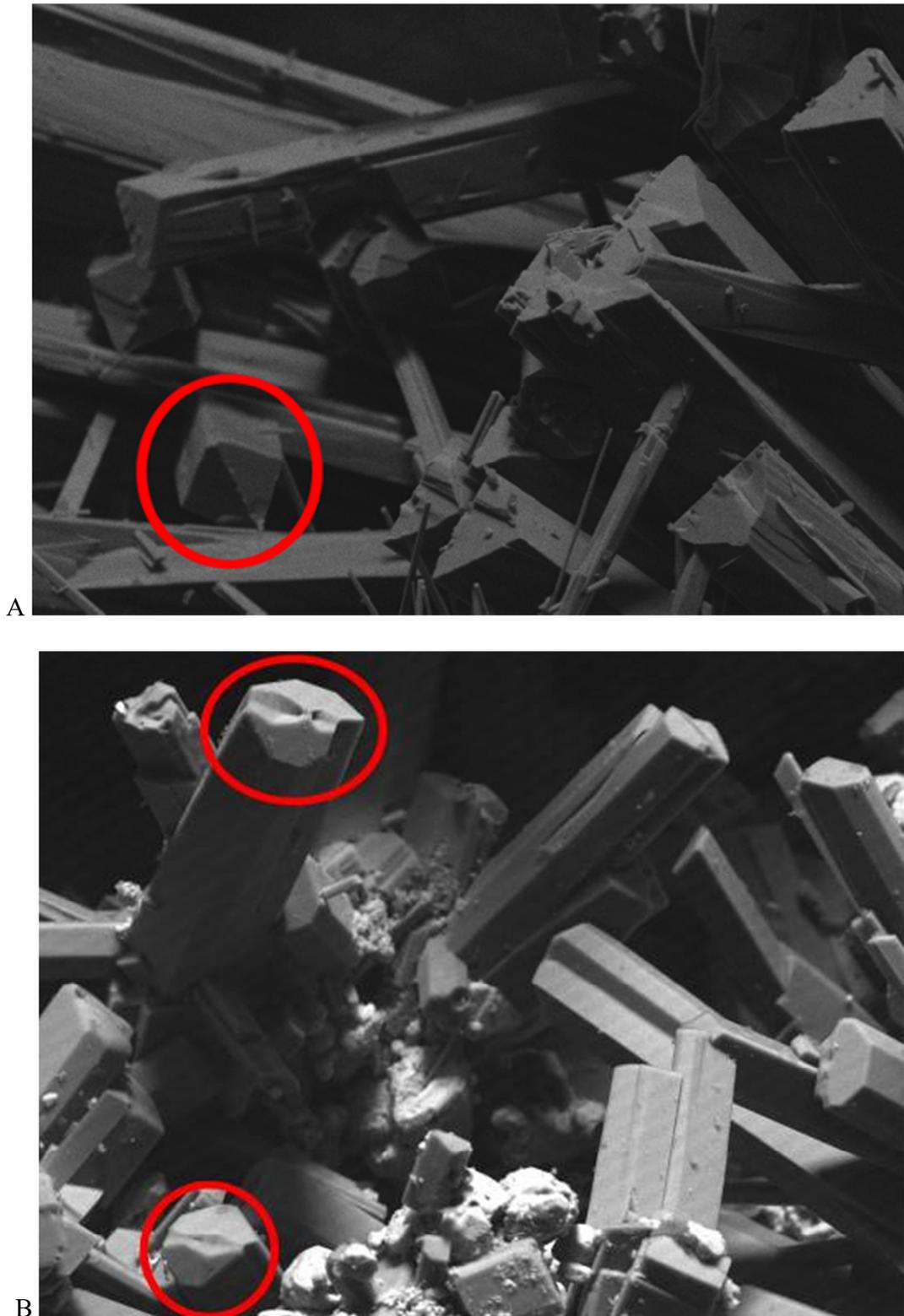


B

**Fig. 27 :** Malachite de Chanly. L = 8,50 mm (A); L = 7,10 mm (B) (Photos P. Chollet).



**Fig. 28** : Association de cristaux maclés de malachite de Chanly sur quartz. (A) L = 2,50 mm (Photo P. Chollet). (B) Photographie au microscope électronique à balayage de l'échantillon CHA-12, mode électrons secondaires.



**Fig. 29 :** Cristaux maclés de malachite de Chanly. Extraits de photographies au microscope électronique à balayage de l'échantillon CHA-12, mode électrons secondaires.

### **3.22. Marcasite, FeS<sub>2</sub>**

La marcasite n'est pas fréquente à Chanly où elle n'a été identifiée visuellement que sur un seul échantillon qui présentait des cristaux très altérés mais caractéristiques de l'espèce.

### **3.23. Pyrite, FeS<sub>2</sub>**

La pyrite est rare à Chanly où elle se présente, comme à Masbourg (Blondieau *et al.*, 2017), en petits cubes dans la chalcopyrite. On l'observe parfois aussi en minuscules pyritoédres généralement altérés. La diffraction des rayons X de ces cristaux a bien montré qu'il s'agissait de pyrite avec quelques traces de goethite.

### **3.24. Quartz, SiO<sub>2</sub>**

La gangue du filon est siliceuse et les cavités sont tapissées de minuscules cristaux de quartz. Les échantillons montrant des cristaux trapus jusqu'à 1cm sont cependant assez peu fréquents. Ces associations serrées de cristaux ne montrent guère que les faces de la pyramide (Figure 30). L'identification du quartz est réalisée visuellement.



**Fig. 30** : Quartz de Chanly (L = 4 cm, photo M. Blondieau).

### **3.25. Scotlandite, $\text{PbS}^{4+}\text{O}_3$**

La scotlandite est un membre rare des minéraux d'oxydation de la galène. Sur quelques échantillons, de minuscules cristaux blancs montrant un habitus inhabituel nous ont fait soupçonner l'espèce qui a été confirmée par diffraction des rayons X. Les analyses chimiques qualitatives EDS mettent bien en évidence les seuls éléments O, Pb et S prouvant ainsi l'identification du minéral. L'échantillon photographié à la Figure 31 a été contrôlé par diffraction des RX et ses raies de diffraction sont fournies au Tableau 5 (éch. 2). Les raies de diffraction de la scotlandite de Chanly sont en très bon accord avec celles de scotlandite de France et d'Écosse. La scotlandite est une espèce minérale très rare qui n'avait jamais encore été signalée en Belgique.



**Fig. 31** : Scotlandite de Chanly. L = 0,74 mm, photo P. Chollet.

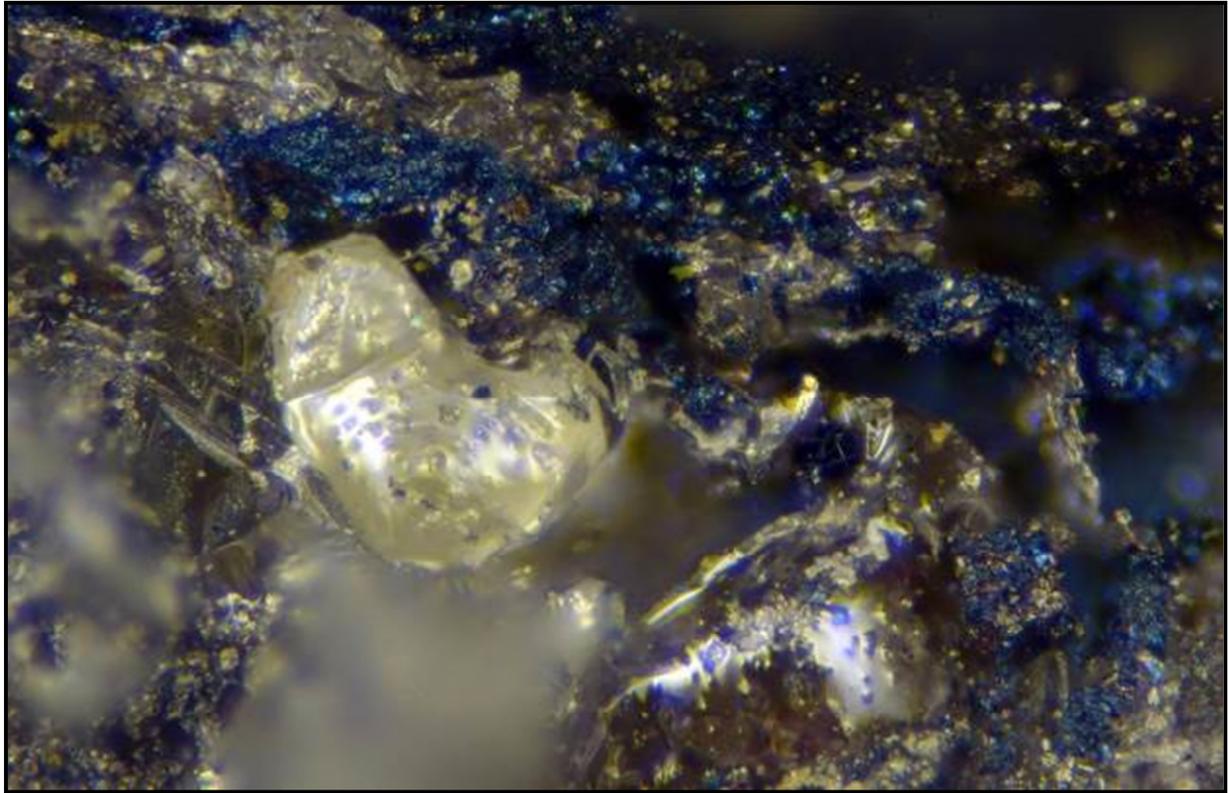
**Tableau 5** : Comparaison des raies de diffraction de la scotlandite de Chanly obtenues avec un diffractomètre à quatre cercles Rigaku utilisant un tube au molybdène avec celles de l'Argentolle (France) et de Leadhills (Écosse)

| Scotlandite<br>Chanly<br>(éch 1) |                  | Scotlandite<br>Chanly<br>(éch 2) |                  | Scotlandite*<br>Argentolle<br>France |                      | Scotlandite**<br>Leadhills<br>Écosse |                      |
|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| <i>d</i> (Å)                     | I/I <sub>0</sub> | <i>d</i> (Å)                     | I/I <sub>0</sub> | <i>d</i> (Å)                         | I/I <sub>0</sub> (%) | <i>d</i> (Å)                         | I/I <sub>0</sub> (%) |
| 6,174                            | tf               | 6,165                            | tf               | 6,148                                | <5                   |                                      |                      |
| -                                | -                | 4,303                            | f                | 4,332                                | 5                    | 4,325                                | 18                   |
| -                                | -                | -                                | -                | 4,121                                | 5                    | 4,121                                | 21                   |
| <b>4,024</b>                     | <b>F</b>         | <b>4,028</b>                     | <b>TF</b>        | <b>4,036</b>                         | <b>100</b>           | <b>4,029</b>                         | <b>100</b>           |
| -                                | -                | 3,343                            | F                | 3,364                                | 70                   | 3,359                                | 81                   |
| <b>3,278</b>                     | <b>TF</b>        | 3,252                            | TF               | 3,264                                | 70                   | <b>3,261</b>                         | <b>92</b>            |
| -                                | -                | 3,133                            | f                | 3,153                                | 25                   | 3,147                                | 30                   |
| <b>3,069</b>                     | <b>F</b>         | <b>3,075</b>                     | <b>F</b>         | <b>3,077</b>                         | <b>90</b>            | <b>3,074</b>                         | <b>62</b>            |
| -                                | -                | 2,916                            | f                | 2,914                                | 5                    | 2,921                                | 15                   |
| -                                | -                | -                                | -                | 2,712                                | 20                   | 2,710                                | 20                   |
| 2,668                            | F                | 2,663                            | F                | 2,671                                | 35                   | 2,666                                | 38                   |
| -                                | -                | 2,559                            | m                | 2,560                                | 10                   | 2,562                                | 24                   |
| -                                | -                | -                                | -                | 2,269                                | 10                   | 2,269                                | 11                   |
| -                                | -                | -                                | -                | 2,246                                | 15                   | 2,246                                | 30                   |
| 2,238                            | F                | 2,237                            | F                | 2,237                                | 15                   | 2,238                                | 18                   |
| -                                | -                | 2,157                            | f                | 2,166                                | <5                   | 2,162                                | 2                    |
| -                                | -                | -                                | -                | 2,059                                | 15                   | 2,056                                | 24                   |
| -                                | -                | -                                | -                | 2,036                                | 30                   | 2,034                                | 32                   |
| 2,018                            | F                | 2,024                            | F                | 2,014                                | 25                   | 2,014                                | 25                   |
| -                                | -                | 1,953                            | f                | 1,969                                | 10                   | 1,969                                | 21                   |
| -                                | -                | -                                | -                | 1,944                                | 10                   | 1,948                                | 23                   |
| 1,925                            | m                | -                                | -                | 1,921                                | 5                    | 1,922                                | 19                   |
| -                                | -                | 1,915                            | m                | 1,910                                | 10                   | 1,913                                | 16                   |
| -                                | -                | 1,880                            | f                | 1,883                                | 10                   | 1,882                                | 12                   |
| 1,764                            | f                | 1,771                            | f                | 1,776                                | <5                   | 1,775                                | 4                    |
| -                                | -                | 1,747                            | f                | 1,748                                | <5                   | 1,752                                | 10                   |
| -                                | -                | -                                | -                | 1,718                                | 5                    | 1,718                                | 15                   |
| 1,711                            | f                | 1,709                            | m                | 1,709                                | 20                   | 1,707                                | 11                   |
| -                                | -                | 1,680                            | f                | -                                    | -                    | 1,679                                | 7                    |
| 1,636                            | f                | 1,632                            | m                | -                                    | -                    | 1,644                                | 7                    |
| -                                | -                | 1,594                            | f                | -                                    | -                    | 1,596                                | 6                    |
| 1,532                            | m                | 1,537                            | m                | -                                    | -                    | 1,538                                | 11                   |
| -                                | -                | 1,510                            | f                | -                                    | -                    | 1,509                                | 5                    |
| 1,455                            | f                | 1,463                            | f                | -                                    | -                    | 1,477                                | 6                    |
| 1,422                            | f                | 1,439                            | f                | -                                    | -                    | 1,444                                | 7                    |
| -                                | -                | 1,417                            | m                | -                                    | -                    | 1,421                                | 10                   |
| -                                | -                | 1,387                            | f                | -                                    | -                    | 1,389                                | 5                    |
| 1,367                            | f                | 1,369                            | f                | -                                    | -                    | 1,369                                | 9                    |
| -                                | -                | 1,344                            | f                | -                                    | -                    | 1,346                                | 6                    |
| 1,341                            | f                | 1,333                            | f                | -                                    | -                    | 1,343                                | 4                    |
| 1,275                            | f                | 1,279                            | f                | -                                    | -                    |                                      |                      |
|                                  |                  | 1,268                            | f                |                                      |                      | 1,268                                | 5                    |
| 1,222                            | f                | 1,220                            | m                | -                                    | -                    | 1,223                                | 5                    |
| 1,142                            | f                | -                                | -                | -                                    | -                    | 1,146                                | 5                    |

\* Fiche ICDD 38-409 : Scotlandite de l'Argentolle, France - \*\*Tschermaks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 34 (1985) 289-295: Susanna mine, Leadhills, Ecosse.

### **3.26. Soufre, S**

Le soufre est observé avec covellite en petits globules jaunes dans des petites cavités de dissolution de la galène (Figure 32). Son identification visuelle est confirmée par diffraction des rayons X.



**Fig. 32 :** Soufre et covellite de Chanly. L = 0,50 mm, photo P. Chollet.

### **3.27. Todorokite, $(\text{Na,Ca,K,Ba,Sr})_{1-x}(\text{Mn,Mg,Al})_6\text{O}_{12}\cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$**

Le minéral, peu fréquent à Chanly, s'y présente comme partout dans la région, dans des cavités limoniteuses à côté de reliques d'un minéral apparemment rhomboédrique, sans doute un carbonate complètement altéré et transformé en une sorte de goethite assez spongieuse (Figure 33). Le minéral qui diffracte très mal est identifié par diffraction des rayons X et par des analyses chimiques qualitatives EDS qui mettent en évidence les seuls éléments Ca, Mn, Mg et O.



A



B

**Fig. 33 :** Todorokite et malachite de Chanly.  
L = 1,70 mm (A), 3,40 mm (B) (Photos P. Chollet).

#### 4. Conclusions

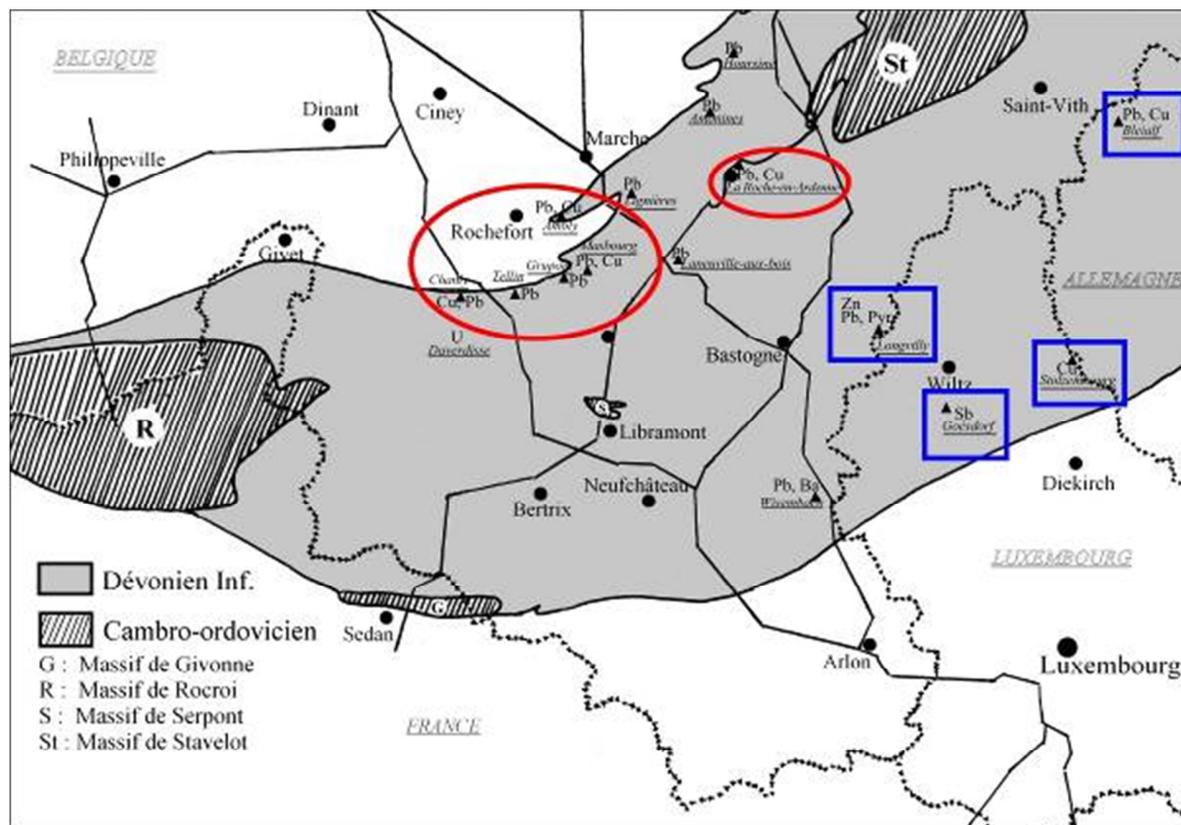
Les nombreux petits filons quartzeux de la région de Chanly montrent une minéralisation avec chalcopryrite disséminée et galène très accessoire, ce qui est peu fréquent en Belgique où les filons zincifères et plombifères en encaissants carbonatés (dévonien moyen et carbonifère) sont plutôt la norme. Bien que sans intérêt économique, ils présentent par contre des associations minérales singulières pour notre pays avec quelques espèces fort rares comme la beaverite-(Cu) et la scotlandite, notamment. Signalons également la malachite qui s'exprime en petits cristaux maclés, ce qui est peu fréquent en Belgique. Finalement quatre espèces nouvelles pour notre pays ont été recensées dans ce petit filon : la beaverite-(Cu), la scotlandite, la cyanotrichite et la chalcantinite. Pourtant, les éléments chimiques incorporés dans ces espèces minérales sont en nombre fort réduit : cuivre, plomb et fer pour les métaux recherchés anciennement et aluminium, calcium, magnésium et potassium pour les autres métaux. Ces éléments métalliques ne s'associent guère qu'au soufre, à l'oxygène, au carbone et au silicium. Malgré cette relative "pauvreté" géochimique du gisement, on y recense néanmoins une petite trentaine d'espèces minérales (Tableau 6).

**Tableau 6** : Espèces minérales de Chanly. Les espèces mises en gras sont nouvelles pour la Belgique; celle mise en italique est signalée dans la littérature mais n'a pas été retrouvée dans le matériel étudié.

| <b>Minéral</b>        | <b>Formule chimique idéale</b>  |
|-----------------------|---|
| Anglésite             | PbSO <sub>4</sub>   |
| Azurite               | Cu <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>                           |
| <b>Beaverite-(Cu)</b> | <b>Pb(Fe<sup>3+</sup><sub>2</sub>Cu)(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub></b>        |
| <i>Bornite</i>        | <i>Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub></i>  |
| Brochantite           | Cu <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>6</sub>   |
| Calcite               | CaCO <sub>3</sub>   |
| Cérusite              | PbCO <sub>3</sub>   |
| <b>Chalcantinite</b>  | <b>CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O</b>   |
| Chalcopryrite         | CuFeS <sub>2</sub>  |
| Covellite             | CuS   |
| Cuivre natif          | Cu  |
| Cuprite               | Cu <sub>2</sub> O   |
| <b>Cyanotrichite</b>  | <b>Cu<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)(OH)<sub>12</sub>.2H<sub>2</sub>O</b>        |
| Dickite               | Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>                            |
| Djurléite             | Cu <sub>31</sub> S <sub>18</sub>  |
| Galène                | PbS   |
| Gibbsite              | Al(OH) <sub>3</sub>   |
| Goethite              | FeO(OH)   |
| Hématite              | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  |
| Gypse                 | Ca(SO <sub>4</sub> ).2H <sub>2</sub> O  |
| Linarite              | CuPb(SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub>   |
| Malachite             | Cu <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )(OH) <sub>2</sub>   |
| Marcasite             | FeS <sub>2</sub>  |
| Pyrite                | FeS <sub>2</sub>  |
| Quartz                | SiO <sub>2</sub>  |
| <b>Scotlandite</b>    | <b>PbS<sup>4+</sup>O<sub>3</sub></b>  |
| Soufre                | S   |
| Todorokite            | (Na,Ca,K,Ba,Sr) <sub>1-x</sub> (Mn,Mg,Al) <sub>6</sub> O <sub>12</sub> .3-4H <sub>2</sub> O |

On ne peut manquer de rapprocher ces petits filons à gangue quartzeuse de Chanly à ceux de Tellin, Bure/Grupont (Blondieau, 2011), Ambly, Masbourg (Blondieau *et al.*, 2017) et La Roche-en-Ardenne (Blondieau & Hatert, 2009) qui sont tous plombifères avec chalcopryrite localement assez abondante et qui sont tous logés dans des gangues quartzuses. Ces petits filons aux tonnages très réduits semblent regroupés sur le bord nord de l'anticlinorium ardennais (Figure 34).

Par contre, dans la partie sud-est du massif, on trouve des filons plus importants comme ceux de Longvilly (Pb, Zn, Pyrite), Bleialf (Pb, Cu), Goesdorf (Sb) et Stolzenbourg (Cu).



**Fig. 34 :** Localisation des gisements métalliques dans l'anticlinorium ardennais. Au nord, on y observe des petits filons Pb-Cu à gangue quartzeuse alors qu'au sud se trouvent des filons plus importants exploités pour Pb (Bleialf [Allemagne] et Longvilly [Belgique]), Cu (Stolzenbourg [GD Luxembourg]) et Sb (Goesdorf [GD Luxembourg]).

### Remerciements :

Nous souhaitons remercier Pascal Chollet qui a réalisé les magnifiques photos des échantillons de Chanly de la collection de M. Blondieau. Nos remerciements vont aussi à Philippe Compère pour son aide très précieuse lors de l'utilisation du microscope électronique à balayage.

## **Références**

- Blondieau M. & Hatert F., 2009. Minéralogie de l'ancienne mine de plomb de La Roche-en-Ardenne (Belgique). *Le Règne Minéral*, **88**, 5-20.
- Blondieau, M. & Polrot, F., 2011. Les travaux miniers de Schimper, siège sud de la mine du Bleyberg (Plombières, Belgique) : plomb, zinc mais aussi argent. *Geological Survey of Belgium, Professional Paper*, **310**, 57 p.
- Blondieau M., 2011. Anciens travaux de recherches pour plomb à Bure : Historique, localisation et minéralogie. *De la Meuse à l'Ardenne*, **43**, 61-93.
- Blondieau, M., Puccio, S. & Hatert, F., 2017. Minéralogie de l'ancienne mine plomb de Masbourg (Nassogne, Province de Luxembourg, Belgique). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **86**, 169-201.
- Blondieau, M., Puccio S et Hatert, F., 2018. Minéralogie du puits de recherche plomb-zinc situé près de la ferme Erlenbach à Lontzen (Lontzen, Province de Liège). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **87**, 22-55.
- Blondieau, M., Puccio, S., Hatert, F., Bruni, Y et Philippo, S. 2019. Minéralogie de la commune de Visé (Argenteau, Richelle et Visé), Province de Liège, Belgique. *Ferrantia*, sous presse.
- Buttgenbach, H., 1921. Description des éléments, des sulfures, chlorures, fluorures et des oxydes des métaux du sol belge. *Mémoire in 8°, deuxième série, tome VI Classe des sciences, Académie royale de Belgique*, 70 p.
- Clément, C., 1875. Rapport de visite à Chanly. Inventaire des archives de l'administration provinciale du Luxembourg, Série des établissements dangereux, insalubres ou incommodes : mines, minières et carrières (1817) 1830-1990 / Magali Denoncin et Vincent Pirlot. Liasse 26 – Chanly et Resteigne, mine de fer, de cuivre et de plomb, recherche de minerais, 1851-1886. *Archives de l'Etat à Arlon*, BE-A0521\_702127\_7011777\_FRE
- Dumoulin, V. & Blockmans, S., 2013. Carte géologique de Wallonie 1:25000 (planchette 59/5-6 – Ponderôme-Wellin). *SPW éditions*.
- Engelspach-Larivière, A., 1828. Description géognostique du grand-duché de Luxembourg; suivie de considérations économiques sur ses richesses minérales. Collection : *Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers* (in-4°). Hayez, Bruxelles, 519 p.
- Hager, S.L., Leverett, P. & Williams, P. A., 2009. Possible structural and chemical relationships in the cyanotrichite group. *The Canadian Mineralogist* **47**, 635-648.
- Hatert, F., Deliens, M., Fransolet, A.-M. & Van Der Meersche, E., 2002. *Les minéraux de Belgique*, deuxième édition, 304 p.
- Van de Roy, J.-L., 1985. Lomppez, Chanly, Halma, Resteigne. Collection "Les mines et les recherches minières en Famenne". Liège, 76 p.